

**Die Luft.**

**Luftbelastung in der Innerschweiz  
1996**

**Detaillierte Messdaten**

Innerschweizer Umweltschutzdirektoren

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2. Grenzwerte</b>	<b>3</b>
<b>3. Messmethoden</b>	<b>5</b>
3.1. Wo wird gemessen?	5
3.2. Wie wird gemessen?	5
<b>4. Resultate</b>	<b>7</b>
<b>Zusammenfassung der Immissionsdaten 1996</b>	<b>7</b>
<b>Luzern</b>	<b>10</b>
<b>Uri</b>	<b>14</b>
<b>Schwyz</b>	<b>16</b>
<b>Obwalden</b>	<b>19</b>
<b>Nidwalden</b>	<b>20</b>
<b>Zug</b>	<b>22</b>
<b>Witterung und Luft</b>	<b>25</b>

### Impressum:

**Herausgeberin:** Innerschweizer Umweltdirektorenkonferenz (IUDK)

**Redaktion:** Dr. Franz Akermann, Amt für Umweltschutz des Kantons Uri, Altdorf, Dr. Christian Vonarburg, Wanner AG, Goldau

**Datenmaterial:** Luftreinhaltefachstellen der Kantone Luzern, Nidwalden, Obwalden, Schwyz, Uri und Zug; BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; WSL, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf

**Druck:** Gisler Druck, Altdorf

## 1. Einleitung

In Ergänzung zum Jahresbericht 1996 über die Luftqualität in der Innerschweiz sind im vorliegenden Band die Detaildaten der Immissionsmessungen zu finden. Grundlage für die Messungen ist, gestützt auf das Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983, die am 16. Dezember 1985 vom Bundesrat erlassene Luftreinhalteverordnung (LRV). Diese hat zum Zweck "Menschen, Tiere, Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume sowie den Boden vor schädlichen oder lästigen Luftverunreinigungen zu schützen" (Art. 1 LRV). Um dieses Ziel zu erreichen, sind in der LRV auch Immissionsgrenzwerte festgelegt worden. Sie regeln die minimalen Anforderungen an die Luftqualität. Die Immissionsgrenzwerte hätten ab dem 1. März 1994 eingehalten werden müssen. Die LRV verpflichtet die Kantone, das Ausmass der Immissionen von Luftschadstoffen auf ihrem Gebiet zu bestimmen und darüber zu berichten.

Die Auswertung und Darstellung der Daten erfolgt so, dass sie mit den Grenzwerten der Luftreinhalteverordnung verglichen werden können. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, sind die Messergebnisse nach Kantonen gegliedert. Neben den im Auftrag der kantonalen Stellen erfassten Daten enthält der Bericht auch die Messresultate von Stationen, die vom Bund oder wissenschaftlichen Institutionen betrieben werden.

Eine Darstellung der Messergebnisse in Berichtsform hat sich auf die wesentlichen Daten zu beschränken. Er stellt ein Konzentrat der Millionen von Einzeldaten dar, die rund um die Uhr von den Messstationen erfasst werden. Der gesamte Datenbestand liegt in elektronischer Form vor und steht für zukünftige Auswertungen zur Verfügung.

Der vorliegende Anhang informiert über die Luftbelastung in der Innerschweiz im Jahr 1996. Informationen über die Entwicklung der Belastung in den vergangenen Jahren, die Herkunft der Luftschadstoffe, Massnahmen zur Verminderung der Luftbelastung sowie über Auswirkungen der Luftbelastung auf Mensch und Umwelt sind im Hauptbericht zu finden.

## 2. Grenzwerte

Der Bundesrat hat in der Luftreinhalteverordnung die Mindestanforderungen an die Luftqualität in Form von Immissionsgrenzwerten definiert. Er hatte sich dabei am Schutzbedürfnis des Menschen und seiner Umwelt (Pflanzen, Tiere) zu orientieren, wobei auch die Wirkung der Immissionen auf Personengruppen mit erhöhter Empfindlichkeit (Kinder, Kranke, Betagte, Schwangere) berücksichtigt wurde. Nach dem Stand der Wissenschaft ist eine Schädigung von Mensch und Umwelt bei Einhaltung der in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Grenzwerte unwahrscheinlich.

Tab. 1: Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalteverordnung (LRV, Anhang 7) vom 16. Dezember 1985 (Stand am 1. April 1991)

Schadstoff	Immissions-Grenzwert	Statistische Definition	
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	30 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden 95 % der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	
	80 µg/m <sup>3</sup>		
	100 µg/m <sup>3</sup>		
Ozon (O <sub>3</sub> )	120 µg/m <sup>3</sup>	1-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden 98 % der ½-h-Mittelwerte eines Monats ≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	
	100 µg/m <sup>3</sup>		
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	30 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden 95 % der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m <sup>3</sup>	
	100 µg/m <sup>3</sup>		
	100 µg/m <sup>3</sup>		
Kohlenmonoxid (CO)	8 mg/m <sup>3</sup>	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden	
Schwebstaub <sup>1)</sup> insgesamt	70 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) 95% der 24-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 150 µg/m <sup>3</sup>	
	150 µg/m <sup>3</sup>		
	1 µg/m <sup>3</sup>		
Blei (Pb) im Schwebstaub	1 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	
Cadmium (Cd) im Schwebstaub	10 ng/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	
Staubniederschlag insgesamt	200 mg/m <sup>2</sup> ×Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	
	Blei (Pb) im Staubniederschlag	100 µg/m <sup>2</sup> ×Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
	Cadmium (Cd) im Staubniederschlag	2 µg/m <sup>2</sup> ×Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
	Zink (Zn) im Staubniederschlag	400 µg/m <sup>2</sup> ×Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
	Thallium (Tl) im Staubniederschlag	2 µg/m <sup>2</sup> ×Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
<b>Hinweis:</b> mg = Milligramm; 1 mg = 0,001 g = 1 Tausendstel Gramm µg = Mikrogramm; 1 µg = 0,001 mg = 1 Millionstel Gramm ng = Nanogramm; 1 ng = 0,001 µg = 1 Milliardstel Gramm Das Zeichen "≤" bedeutet "kleiner gleich".			
1) Feindisperse Schwebestoffe mit einer Sinkgeschwindigkeit von weniger als 10 cm/s.			

### 3. Messmethoden

#### 3.1. Wo wird gemessen?

Die Messstationen in der Innerschweiz sind so verteilt, dass grossräumige Aussagen über die Luftbelastung gemacht werden können. Berücksichtigt werden Standorte in Stadtzentren, Agglomerationen, Regionalzentren und auf dem Land. Damit können über die ganze Innerschweiz Aussagen zur Luftqualität gemacht werden.

Die Charakterisierung eines Messstandortes bezüglich Lage, Höhe, Topographie ist für das Verständnis der Messwerte unerlässlich. Hauptfaktoren sind dabei die Nähe zu Schadstoffquellen oder die Höhe der Station (unter oder über dem Nebel). Sie beeinflussen die Qualität der Luft entscheidend. Diese Angaben sind bei den Stationsbeschreibungen zu finden.

Tab. 2: Typisierung der Innerschweizer Messstandorte

Typ	Definition	Referenzstationen
<b>Stadtzentrum</b>	Hohe Siedlungsdichte, hohes Verkehrsaufkommen	Luzern Löwenplatz
<b>Agglomeration/Regionalzentrum</b>	Umgebung der Städte und grössere Ortschaften mit dichter Besiedlung und erhöhtem Verkehrsaufkommen	Ebikon Sedel Meggen Sursee Flüelen Stans Inwil, Gde. Baar Feusisberg
<b>Land</b>	Lage abseits der grossen Zentren und Strassen	Alptal (WSL) Schüpfheim Seebodenalp (Rigi) (NABEL)

#### 3.2. Wie wird gemessen?

##### 3.2.1. Kontinuierliche Messungen

Die kontinuierliche Messung von Luftschadstoffen erlaubt eine Beurteilung der Immissionssituation sowohl über kurze als auch längere Perioden. Die Messdaten werden in der Regel als Halbstundenmittelwerte elektronisch erfasst.

Welche Substanzen gemessen werden, hängt von der gewählten Fragestellung und dem vertretbaren Aufwand ab. Routinemässige Messungen erfassen meist Stickoxide (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> und NO), Ozon (O<sub>3</sub>) und Schwebstaub, punktuell auch Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO). Diese Substanzen dienen auch als Parameter für die Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalteverordnung. Je nach Belastungstyp eines Standortes werden nur ausgewählte Stoffe erfasst. Die Messgenauigkeit

der kontinuierlichen Messungen (bezogen auf die Jahresmittelwerte) liegt bei  $\pm 10\%$ . Aussagen über kürzere Zeitspannen sind mit einem grösseren Fehler behaftet.

Neben den oben genannten Stoffen werden von einigen Messstationen eine Reihe weiterer Substanzen gemessen. Es handelt sich dabei um Stoffe, für die in der LRV keine Grenzwerte angegeben sind, z.B. flüchtige organische Verbindungen, die wegen ihres Ozonbildungspotentials und der Toxizität einiger ihrer Vertreter (Benzol) von Interesse sind.

Zusätzlich werden von den meisten Stationen auch verschiedene Meteoparameter erfasst. Diese erleichtern die Interpretation der Messdaten.

Der Betrieb der Messanlagen und die Umrechnungen von Volumenverhältnissen in Gewichtsangaben erfolgten gemäss den Empfehlungen über die Immissionsmessung von Luftfremdstoffen des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) aus dem Jahre 1990.

### 3.2.2. Messungen mit Passivsammlern

Passivsammler für die Erfassung der Stickstoffdioxid-Konzentrationen beruhen auf dem Prinzip der Diffusion von Stickstoffdioxid an ein adsorbierendes Medium. Die Menge des adsorbierten Stickstoffdioxides ist proportional zur Umgebungskonzentration. Pro Standort werden im 2-Wochen-Turnus jeweils zwei bis drei Passivsammler gleichzeitig exponiert. Die Methode der Passivsammler eignet sich für die Überwachung der Langzeitbelastung und für die Beobachtung langjähriger Entwicklungen. Für Aussagen über kürzere Zeiträume ist die Methode nicht geeignet.

Ozon kann nach einem ähnlichen Verfahren bestimmt werden. Überschreitungen der Kurzzeitgrenzwerte können damit allerdings nicht festgestellt werden.

In Verbindung mit einer Messstation ergeben die Passivsammler nützliche ergänzende Informationen über die flächigen Unterschiede der Immissionsbelastung. Die Genauigkeit der NO<sub>2</sub>-Passivsammler liegt bei ca. 8 % (Jahresmittelwert).

## 4. Resultate

### Zusammenfassung der Immissionsdaten 1996

#### Jahresmittel von Stickstoffdioxid 1996 (Fixstationen)

Standorttyp	Messstandort	Jahresmittel NO <sub>2</sub>	Grenzwert (LRV)
Stadtzentrum	Luzern Löwenplatz	51	30 Mikrogramm pro Kubikmeter
	Ebikon, Sedel	30	
Agglomerationen und Regionalzentren	Flüelen	29	
	Inwil, Gde. Baar	25	
	Stans	23	
	Sursee (Werkhof)	36	
	Land	Schüpfheim	
	Seebodenalp (Rigi)	12	

#### Ozonbelastung 1996 in der Innerschweiz

Standorttyp	Messstandort	Anzahl Überschreitungen Stundenmittel grösser als 120 Mikrogramm pro Kubikmeter	Spitzenwerte Maximales Stundenmittel	Grenzwert
				LRV
Stadtzentrum	Luzern Löwenplatz	10	136	120 Mikrogramm pro Kubikmeter darf pro Jahr maximal einmal überschritten werden
	Inwil, Gde. Baar	257	170	
Agglomerationen und Regionalzentren	Flüelen	251	184	
	Stans	240	198	
	Meggen	329	218	
	Sursee	59	153	
	Ebikon, Sedel	262	190	
	Feusisberg	298	193	
	Land	Alptal	281	
	Schüpfheim	227	169	
	Seebodenalp (Rigi)	623	221	

## Jahresmittel von Stickstoffdioxid-Passivsammler-Messungen 1996

Grenzwert der LRV: 30 Mikrogramm pro Kubikmeter

Kanton Luzern	Jahresmittel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Luzern Löwenplatz	52
Luzern K.-Pfyffer-Str.	35
Luzern Städt. Werkhof	34
Adligenswil Kirche	26
Ebikon Sagen-Schulhaus	27
Ebikon Sedel	29
Horw ZTL	37
Horw Bahnhofstrasse	36
Kastanienbaum Seeben	22
Kirens Brunnmatt-Schulhaus	29
Littau Rigistrasse	28
Malters Muoshofstrasse	24
Meggen Zentral-Schulhaus	25
Root Grabenweg	28
Weggis Oberdorf	24
Emmen Kapfstrasse	27
Emmen Herdschwand	28
Eschenbach Oeggenringerstr. 5	28
Hitzkirch Bahnhofstrasse	28
Hitzkirch Rebmesser	19
Hochdorf Rathaus	24
Rothenburg Flecken	31
Inwil Kirchplatz	24
Beromünster Under Brugg	21
Grosswangen Zentrum	18
Hildisrieden Sonnhalde	20
Neuenkirch Sellenbodenstrasse	20
Oberkirch Kirche	21
Ruswil Bubengasse	22
Sempach Feldweg	28
Sursee Geuenseestrasse	30
Sursee Spitalstrasse	27
Triengen Kirchgasse	22
Dagmersellen Kirchstrasse	25
Pfaffnau Dorf	18
Reiden Kirchzentrum	21
Willisau-Stadt Bahnhofstrasse	24
Zell Hübelstrasse	26
Entlebuch Marktplatz	19
Schüpfheim Landw. Schule	15
Sörenberg Rothornstrasse 6	13
Wolhusen Zentrum	36

Kanton Nidwalden	Jahresmittel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Beckenried Kirche	26
Buochs Gemeindehaus	28
Emmetten Dorf	15
Ennetbürgen Kirche	21
Ennetmoos Rohren	16
Hergiswil Dorf	34
Hergiswil Matt	30
Niederrickenbach	5
Oberdorf Schiessstand	19
Stans Dorfplatz	30
Stans Engelbergstrasse	23
Stans Einkaufszentrum	33
Stans Kollegium	17
Stans Post	30
Stansstad Bahnhof	31
Wolfenschiessen Gemeindehaus	19

Kanton Schwyz	Jahresmittel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Altendorf Oberdorfstrasse	39
Altendorf Zürcherstrasse	42
Altendorf Gemeindehaus	37
Brunnen Militärgebäude	26
Brunnen Labor d. Urkantone	27
Brunnen Bahnhofstrasse	36
Brunnen Schwyzerstrasse	38
Einsiedeln Dorzentrum	27
Einsiedeln Rest. Waldstatt	45
Einsiedeln Rest. Krone	41
Freienbach Wiesenstrasse	31
Freienbach Sonderschule	32
Freienbach Sonderschule	50
Feusisberg Schulhaus	20
Gersau	22
Goldau Bahnhofstrasse	38
Goldau Station ARB	26
Goldau Gotthardstrasse	33
Ibach Gotthardstrasse	31
Ingenbohl Kloster	24
Innerthal	8
Küssnacht Bahnhofstrasse	37
Küssnacht Fänn	33
Küssnacht Hauptplatz	60
Küssnacht Werkhof Ebnet	33
Lachen Kantonspolizei	40
Lachen Oberdorfstrasse	58
Lachen Bauverwaltung	30
Lachen Elektrizitätswerk	32
Morschach	18
Muotathal Zentralenstrasse	22
Muotathal Gemeindekanzlei	26
Oberiberg Gemeindeverwalt.	7
Pfäffikon Churerstrasse	50
Pfäffikon Strassenverkehrsamt	39
Pfäffikon Polizeiposten	33
Rigi Kulm	4
Rothenthurm Gemeindeverw.	17
Rothenthurm Hauptstrasse	32
Schindellegi Gemeindeverwalt.	27
Schwyz Herrengasse	45
Schwyz Selderstrasse	26
Seewen Bahnhof	36
Seewen PTT	40
Siebnen Polizeiposten	25
Siebnen Glarnerstrasse	42
Wangen Mövenstrasse	27
Wangen Kirchrainweg	40
Wangen Zürcherstrasse	42
Wollerau Rest. China Garden	71
Wollerau Dorfplatz	43
Wollerau Altersheim Turm-Matt	28

Kanton Uri	Jahresmittel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Amsteg	31
Flüelen (Vergleichsmessung)	30
Erstfeld	35
Altdorf (Zentrum, von Roll-Haus)	50

Kanton Zug	Jahresmittel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Baar, Polizeiposten	31
Cham, Duggelimmatt	29
Cham, Frauental	19
Hünenberg, Langrütistr.	38
Hünenberg, Maihölzli	30
Menzingen, Werkhof	16
Neuheim, Gemeindehaus	21
Oberägeri, Gemeindehaus	18
Rotkreuz, Holzhäusern	42
Rotkreuz, Gemeindehaus	30
Steinhausen, Neudorfstr.	24
Unterägeri, Lorzenstrasse	23
Walchwil, Bahnhof	21
Zug, Hertiquartier	26
Zug, Kantonsschule	27
Zug, Neugasse	55
Zug, ZBB-Bergstation	11
Zug, ZBB-Mittelstation	13
Zug, ZBB-Talstation	17



Luzern

Messstandorte

Messstandort	Koordinaten	Höhe ü. Meer	Strassenabstand in Metern	Höhe über Boden
Ebikon, Sedel	665.500/213.410	484	400	4
Luzern, Löwenplatz	666.240/212.150	435	2	4
Meggen, Zentralschulhaus	671.275/211.275	490	90	10
Schüpfheim, Landwirtschaftliche Schule	664.600/201.100	740	250	4
Sursee, Werkhof	650.900/225.500	500	8	4

Messstandorte der NO<sub>2</sub>-Passivsammler im Kanton Luzern:

Die Standortsangaben sind in der Resultatetabelle zu finden (Seite 12)

Messresultate

Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) (Angaben in µg/m<sup>3</sup>)

Messstandort	Jahresmittel 1996	95%-Wert der Halbstundenmittel	höchster Tagesmittelwert	Anzahl Tagesmittelwerte >80 µg/m <sup>3</sup>
Ebikon, Sedel	30	60	69	0
Luzern, Löwenplatz	51	93	96	4
Schüpfheim, Landwirtschaftliche Schule	16	39	46	0
Sursee, Werkhof	36	64	64	0
Grenzwerte:	30	100	80	1

Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) (Angaben in µg/m<sup>3</sup>)

Messstandort	Jahresmittel 1996	95%-Wert der Halbstundenmittel	höchster Tagesmittelwert	Anzahl Tagesmittelwerte >100 µg/m <sup>3</sup>
Ebikon, Sedel	6	15	20	0
Grenzwerte:	30	100	100	1

Kohlenmonoxid (CO) (Angaben in mg/m<sup>3</sup>)

Messstandort	höchster Tagesmittelwert	Anzahl Tagesmittelwerte >8 mg/m <sup>3</sup>
Luzern, Löwenplatz	2	0
Grenzwerte:	8	1

Ozon (O<sub>3</sub>) (Angaben in µg/m<sup>3</sup>)

Messstandort	höchster 98%-Wert	Anzahl Monate 98%-Wert >100 µg/m <sup>3</sup>	höchster Stundenmittelwert	Anzahl Stundenmittel >120 µg/m <sup>3</sup>	AOT40 Wald*	AOT40 Landwirtschaft*
Ebikon, Sedel	140	6	190	262	14868	9059
Luzern, Löwenplatz	112	3	136	10	2704	1949
Meggen, Zentralschulhaus	151	5	218	329	19640	10761
Schüpfheim, Landwirtschaftliche Schule	138	6	169	227	13572	7893
Sursee, Werkhof	129	5	153	59	6294	3686
Grenzwerte:	100	0	120	1	-	-

\* Kritische Belastungsgrenzen (AOT40): für Wald ist ab 10'000 mit Wachstumsbeeinträchtigungen zu rechnen für landwirtschaftliche Kulturen ist ein 10%-Ernteaussfall bei 5'300, ein 20%-Ernteaussfall ab 10'500 möglich (UN-ECE Workshop report: Critical levels for ozone. 1994).

Schwebstaub (als TSP, Angaben in µg/m<sup>3</sup>)

Messstandort	Jahresmittel 1996	95%-Wert der Tageswerte
Luzern, Löwenplatz	31	76
Sursee, Werkhof	34	74
Grenzwerte:	70	150

Flüchtige organische Verbindungen (kein schweizerischer Grenzwert) (Angaben in µg/m<sup>3</sup>)

Messstandort	Benzol	Toluol	Xylol	Tetrachlorethen
Luzern, Löwenplatz	4.4	12.1	8.8	0.6

## Die Luft.

Stickstoffdioxid-Passivsammler (Jahresmittelwerte in µg/m³, Grenzwert: 30 µg/m³)

Ort	Adresse	Jahresmittelwerte		Koordinaten	Höhe ü.M.	Charakteristik	Bebauung
		1991	1996				
<i>Amt Luzern</i>							
Luzern	Löwenplatz	58	52	666.25/2212.125	435	Stadtzentrum, verkehrsreiche Strasse	geschlossen
Luzern	Kasimir-Pfyffer-Str.	44	35	665.475/211.125	435	Stadtzentrum, Wohnquartier	geschlossen
Luzern	Städt. Werkhof	43	34	666.675/210.775	435	Stadtzentrum, Industriequartier	offen
Luzern	A2/Reussmatthof		43	664.740/212.300	445	Agglomeration, Dist.zu Autobahn 50 m	offen
Adligenswil	Kirche	30	26	670.350/213.225	535	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Ebikon	Schulhaus Sagen	37	27	668.350/214.000	440	Agglomeration, Wohnquartier	offen
Ebikon	Sedel	39	29	665.475/213.325	480	Agglomeration, ländlich	keine
Horw	ZTL	47	37	665.900/207.375	445	Agglomeration, verkehrsreiche Strasse	offen
Horw	Bahnhofstr.	47	36	666.300/207.850	440	Agglomeration, verkehrsreiche Strasse	offen
Kastanienbaum	St.Niklausenstr/Utohorn	(30)	22	668.500/207.400	450	ländlich, Nähe Dorfzentrum	offen
Kriens	Schulhaus Brunnmatt	37	29	664.650/209.450	470	Agglomeration, Wohnquartier	offen
Kriens	Schachenstrasse 7		39	663.800/209.550	475	Agglomeration, verkehrsreiche Strasse	offen
Kriens	A2 West / Ecke Rigistr.	(36)	38	665.100/209.300	470	Agglomeration, Dist.zu Autobahn 25 m	geschlossen
Littau	Rigistr.	36	28	662.625/211.350	515	Agglomeration, Wohnquartier	offen
Littau	Ruopigenstr. 10 (Dist. 2m)	57	45	664.000/213.000	440	Agglomeration, verkehrsreiche Strasse	geschlossen
Littau	Ruopigenstr. 10 (Dist. 7m)	48*	39	664.000/213.000	440	Agglomeration, verkehrsreiche Strasse	geschlossen
Malters	Muoshofstr.	31	24	656.650/209.875	500	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Meggen	Schulhaus Zentral	25	26	671.275/211.275	490	ländlich, nahe Dorfzentrum	offen
Root	Grabenweg	38	28	672.350/218.825	430	Agglomeration, Wohnquartier	offen
Weggis	Oberdorf	30	24	675.750/209.575	440	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
<i>Amt Hochdorf</i>							
Emmen	Kapfstrasse	35	27	663.525/215.875	490	Agglomeration, Wohnquartier	offen
Emmen	Herdswand	37	28	663.850/214.150	455	Agglomeration, Wohnquartier	offen
Emmen	Meierhöfli	41*	33	664.750/213.875	445	Agglomeration, verkehrsreiche Strasse	offen
Eschenbach	Oeggenringerstr. 5	36	28	666.800/220.265	475	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Hitzkirch	Bahnhofstr.	37	28	662.450/230.750	500	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Hitzkirch	Rebmesser	23	19	662.300/230.300	475	Wohnquartier, ländlich	offen
Hochdorf	Trafostation Rathaus	32	24	664.700/224.250	485	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Rothenburg	Flecken	41	31	663.240/216.170	490	Agglomeration, verkehrsreiche Strasse	geschlossen
Inwil	Kirchplatz	30	24	669.175/219.500	425	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen

## Die Luft.

Ort	Adresse	Jahresmittelwerte		Koordinaten	Höhe ü.M.	Charakteristik	Bebauung
		1991	1996				
<i>Amt Sursee</i>							
Beromünster	Under Brugg	26	21	657.225/228.650	640	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Grosswangen	Zentrum	23	18	646.375/220.500	540	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Hildisrieden	Sonnhalde	26	20	659.800/222.500	685	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Neuenkirch	Sellenbodenstr.	26	20	658.213/216.800	550	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Oberkirch	Kirche	28	21	651.313/223.313	510	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Ruswil	Bubengasse	27	22	652.200/214.900	635	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Sempach	Feldweg	37	28	657.50/220.550	515	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Sursee	Geuenseestr. (Kloster)	39	30	650.9./225.000	500	Agglomeration, Wohnquartier	offen
Sursee	Spitalstr.	35	28	651.400/224.375	510	Agglomeration, Wohnquartier	offen
Sursee	Städt. Werkhof		36	650.900/225.500	500	Agglomeration, verkehrsreiche Strasse	offen
Triengen	Kirchgasse	30	22	648.460/231.760	520	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
<i>Amt Willisau</i>							
Dagmersellen	Kirchstr.	33	25	641.700/229.350	480	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Pfaffnau	Dorf	25	18	635.000/231.000	505	Wohnquartier, ländlich	offen
Reiden	Kirchzentrum	28	21	640.365/233.175	457	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Willisau-Stadt	Bahnhofstr.	31	24	642.075/219.075	555	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Zell	Hübelistr.	34	26	636.825/220.660	590	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
<i>Amt Entlebuch</i>							
Entlebuch	Marktplatz	25	19	647.660/204.725	720	Wohnquartier nahe Dorfzentrum	offen
Schüpfheim	Landw. Schule	17	14	644.600/201.100	750	Wohnquartier, ländlich	offen
Sörenberg	Rothornstr. 6	16	13	645.150/186.050	1160	Wohnquartier, ländlich	offen
Wolhusen	Zentrum	42*	36	648.300/212.040	570	Dorfzentrum, verkehrsreiche Strasse	geschlossen

\*=Mittelwert 1990, () Standort geringfügig versetzt



Uri

**Messstandorte**

Fixstation Flüelen Werkhof

Messstandort	Koordinaten	Höhe ü. Meer	Strassenabstand in Metern	Höhe über Boden
Flüelen Werkhof	690.200/194.470	436	100 nördl. A2	4

Messstandorte der NO<sub>2</sub>-Passivsammler 1996 im Kanton Uri:

Messstandort	Koordinaten	Höhe m.ü.M.	Strassenabstand
Aldorf (Zentrum, von Roll-Haus)	692.675/192.125	464	2 m, im Dorfzentrum
Amsteg (Grund)	693.950/181.350	510	300 m östl. A2
Erstfeld (Schachen)	691.250/189.300	454	200 m östl. A2
Flüelen (Werkhof A2/A4)	690.200/194.470	436	Vergleich mit Fixstation

**Messresultate 1996**

Resultate der NO<sub>2</sub>-Passivsammler

Messstandort	Jahresmittel (µg/m <sup>3</sup> )
Amsteg	31
Aldorf (Zentrum, von Roll-Haus)	50
Erstfeld	35
Flüelen (Vergleichsmessung)	30

Resultate der Fixstation Flüelen Werkhof

Stickstoffdioxid:	Messwerte 1996	Grenzwert
Jahresmittel	29	30
95%-Wert der Halbstundenmittel	60	100
höchster Tagesmittelwert	58	80
Anzahl Tagesmittelwerte > 80 µg/m <sup>3</sup>	0	1

Schwefeldioxid:	Messwerte 1996	Grenzwert
Jahresmittel	6	30
95%-Wert der Halbstundenmittel	15	100
höchster Tagesmittelwert	24	100
Anzahl Tagesmittelwerte > 100 µg/m <sup>3</sup>	0	1

Ozon	Messwerte 1996	Grenzwert
höchster 98%-Wert	153	100
Anzahl Monate 98%-Wert >100 µg/m <sup>3</sup>	6	0
höchster Stundenmittelwert	184	120
Anzahl Stundenmittel >120 µg/m <sup>3</sup>	251	1
AOT40 Wald*	14117	-
AOT40 Landwirtschaftliche Kulturen*	7463	-

\* Kritische Belastungsgrenzen (AOT40): für Wald ist ab 10'000 mit Wachstumsbeeinträchtigungen zu rechnen für landwirtschaftliche Kulturen ist ein 10%-Ernteausschlag bei 5'300, ein 20%-Ernteausschlag ab 10'500 möglich (UN-ECE Workshop report: Critical levels for ozone. 1994).





Schweyz

Messstandorte

Fixstationen

Messstandort	Koordinaten	Höhe ü. Meer	Strassenabstand in Metern	Höhe über Boden
Alptal <sup>1)</sup>	697.000/210.950	1200	ka.	ka.
Feusisberg	669.300/227.200	670	100	2
Seeboden (Rigi) <sup>2)</sup>	677.900/213.500	1030	2000	4

- 1) Betrieben von der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf  
 2) NABEL-Station, betrieben vom Bundesamt für Wald, Schnee und Landschaft (BUWAL), Bern

Messstandorte der NO<sub>2</sub>-Passivsammler 1996 im Kanton Schwyz:

Die Standortsangaben sind in der Resultatetabelle zu finden (Seite 18)

Messresultate

Fixstationen

Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) (Angaben in µg/m<sup>3</sup>)

Messstandort	Jahresmittel 1996	95%-Wert der Halbstundenmittel	höchster Tagesmittelwert	Anzahl Tagesmittelwerte >80 µg/m <sup>3</sup>
Seeboden (Rigi)	12	30	42	0
Grenzwerte:	30	100	80	1

Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) (Angaben in µg/m<sup>3</sup>)

Messstandort	Jahresmittel 1996	95%-Wert der Halbstundenmittel	höchster Tagesmittelwert	Anzahl Tagesmittelwerte >100 µg/m <sup>3</sup>
Seeboden (Rigi)	1	6	17	0
Grenzwerte:	30	100	100	1

Ozon (O<sub>3</sub>) (Angaben in µg/m<sup>3</sup>)

Messstandort	höchster 98%-Wert	Anzahl Monate 98%-Wert >100 µg/m <sup>3</sup>	höchster Stundenmittelwert	Anzahl Stundenmittel >120 µg/m <sup>3</sup>	AOT40 Wald	AOT40 Landwirtschaft
Alptal	142	7	180	281	19404	10046
Feusisberg (März-Oktober)	152	6	193	298	19623	9808
Seeboden (Rigi)	159	8	221	623	37400	12900
Grenzwerte:	100	0	120	1	-	-

\* Kritische Belastungsgrenzen (AOT40): für Wald ist ab 10'000 mit Wachstumsbeeinträchtigungen zu rechnen für landwirtschaftliche Kulturen ist ein 10%-Ernteaussfall bei 5'300, ein 20%-Ernteaussfall ab 10'500 möglich (UN-ECE Workshop report: Critical levels for ozone. 1994).

Stickstoffdioxid-Passivsammler (Jahresmittelwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Grenzwert:  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Nr.	Messstandort	Höhe m ü.M.	Art	Strassen- abstand (m)	NO <sub>2</sub> Jahres- mittel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
AL 38	Altendorf Oberdorfstrasse	435	AP	25	39
AL 39	Altendorf Zürcherstrasse	425	SP	10	42
AL 52	Altendorf Gemeindehaus	425	WP	55	37
BN 10	Brunnen Militärgebäude	435	WP	80	26
BN 11	Brunnen Labor d. Urkantone	435	WP	250	27
BN 13	Brunnen Bahnhofstrasse	440	SP	10	36
BN 50	Brunnen Schwyzerstrasse	440	AP	230 (15)	38
EI 28	Einsiedeln Dorfzentrum	885	WP	20	27
EI 40	Einsiedeln Rest. Waldstatt	880	SP	2	45
EI 41	Einsiedeln Rest. Krone	885	SP	3	41
FH 36	Freienbach Wiesenstrasse	415	WP	30	31
FH 47	Freienbach Sonderschule	410	WP	50	32
FH 49	Freienbach Sonderschule	410	SP	10	50
FS57	Feusisberg Schulhaus	670	WP	100	20
GE59	Gersau	440	SP	15	22
GO 01	Goldau Bahnhofstrasse	510	SP	3	38
GO 04	Goldau Station ARB	520	WP	130	26
GO 07	Goldau Gotthardstrasse	540	AP	25	33
IB 05	Ibach Gotthardstrasse	455	SP	10	31
IN 53	Ingenbohl Kloster	450	WP	200	24
IL 56	Innerthal	910	WP	20	8
KS 37	Küssnacht Bahnhofstrasse	435	SP	10	37
KS 44	Küssnacht Fänn	430	AP	50	33
KS 45	Küssnacht Hauptplatz	440	SP	2	60
KS 46	Küssnacht Werkhof Ebnet	445	SP	25	33
LA 20	Lachen Kantonspolizei	405	SP	3	40
LA 21	Lachen Oberdorfstrasse	430	AP	120 (10)	58
LA 22	Lachen Bauverwaltung	410	WP	60	30
LA 23	Lachen Elektrizitätswerk	410	WP	45	32
MO58	Morschach	655	WP	50	18
MU 12	Muotathal Zentralenstrasse	610	WP	40	22
MU 17	Muotathal Gemeindekanzlei	610	SP	5	26
OB 15	Oberiberg Gemeindeverwalt.	1090	WP	30	7
PF 35	Pfäffikon Churerstrasse	415	SP	5	50
PF 42	Pfäffikon Strassenverkehrsamt	420	SP	45	39
PF 43	Pfäffikon Polizeiposten	420	WP	5	33
RI 06	Rigi Kulm	1750	HB	2100	4
RO 14	Rothenthurm Gemeindeverw.	940	WP	70	17
RO 16	Rothenthurm Hauptstrasse	925	SP	5	32
SC 09	Schindellegi Gemeindeverwalt.	760	WP	20	27
SZ 02	Schwyz Herrengasse	520	SP	2	45
SZ 51	Schwyz Seilerstrasse	480	WP	80	26
SE 03	Seewen Bahnhof	455	SP	10	36
SE 08	Seewen PTT	460	SP	5	40
SI 24	Siebnen Polizeiposten	445	WP	35	25
SI 25	Siebnen Glarnerstrasse	445	SP	5	42
WA 27	Wangen Mövenstrasse	430	WP	200	27
WA 31	Wangen Kirchrainweg	420	AP	10	40
WA 32	Wangen Zürcherstrasse	425	SP	5	42
WO 29	Wollerau Rest. China Garden	535	AP	10	71
WO 30	Wollerau Dorfplatz	515	SP	10	43
WO 48	Wollerau Altersheim Turm-Matt	510	WP	50	28

HB: Messpunkt mit Hintergrundbelastung  
 SP: Messpunkt im Bereich von Strassen

WP: Messpunkt in Wohngebieten  
 AP: Messpunkt im Bereich einer Autobahn; Für den Strassenabstand wird die Distanz zur Autobahn angegeben, Wert in Klammer bezieht sich auf die nächstgelegene Strasse



## Obwalden

## Messungen

Im Kanton Obwalden wurden 1996 während dem Sommerhalbjahr an verschiedenen Standorten Luftschadstoff-Messungen durchgeführt. Ziel der Messungen ist es, Aussagen über Herkunft des Ozons und die Quellen der Vorläuferstoffe zu machen. Erste Resultate werden voraussichtlich im kommenden Jahr der Öffentlichkeit vorgestellt.



Nidwalden

Messstandorte

Fixstation Stans Verwaltungsgebäude

Messstandort	Koordinaten	Höhe ü. Meer	Strassenabstand in Metern	Höhe über Boden
Stans, Engelbergstrasse	670.880/201.020	452	50	7

Messstandorte der NO<sub>2</sub>-Passivsammler 1996 im Kanton Nidwalden:

Messstandort	x-Koord.	y-Koord.	Höhe ü. Meer	Standortbeschreibung
Beckenried Kirche	678.850	202.125	450	Wohngebiet, offene Bebauung
Buochs Gemeindehaus	674.875	203.060	438	Dorfzentrum, offene Bebauung
Emmetten Dorf	681.950	201.100	760	Dorfzentrum, offene Bebauung
Ennetbürgen Kirche	674.250	204.175	435	Wohngebiet, offene Bebauung
Ennetmoos Rohren	667.150	199.225	526	Weiler an Durchgangsstrasse
Hergiswil Dorf	666.190	203.950	460	Wohngebiet, offene Bebauung
Hergiswil Matt	66.425	205.050	450	Wohngebiet, offene Bebauung
Niederrickenbach	675.250	197.825	1162	Weiler, nur landwirtsch. Verkehr
Oberdorf Schiessstand	672.375	200.275	466	im Talboden, Nähe Schützenhaus
Stans Dorfplatz	670.610	201.060	452	Dorfzentrum, verkehrsreich
Stans Engelbergstrasse	670.880	201.020	452	Wohngebiet, geschlossene Bebauung
Stans Einkaufszentrum	669.850	201.850	446	verkehrsreicher Parkplatz
Stans Kollegium	670.900	200.800	475	etwas erhöht, am südöstlichen Ortsrand gelegen
Stans Post	670.700	201.260	450	offene Bebauung, verkehrsreich
Stansstad Bahnhof	668.280	203.300	436	Parkplatz beim Bahnhof
Wolfenschiessen Gemeindehaus	672.890	195.750	511	Dorfzentrum, geschlossene Bebauung

Messresultate

Fixstation Stans Engelbergstrasse

Stickstoffdioxid:	Messwerte 1996	Grenzwert
Jahresmittel	23	30
95%-Wert der Halbstundenmittel	45	100
höchster Tagesmittelwert	49	80
Anzahl Tagesmittelwerte > 80 µg/m <sup>3</sup>	0	1

Ozon	Messwerte 1996	Grenzwert
höchster 98%-Wert	149	100
Anzahl Monate 98%-Wert > 100 µg/m <sup>3</sup>	6	0
höchster Stundenmittelwert	198	120
Anzahl Stundenmittel > 120 µg/m <sup>3</sup>	240	1
AOT40 für Wald*	13478	-
AOT40 für landwirtschaftliche Kulturen*	8451	-

\* Kritische Belastungsgrenzen (AOT40): für Wald ist ab 10'000 mit Wachstumsbeeinträchtigungen zu rechnen für landwirtschaftliche Kulturen ist ein 10%-Ernteausschlag bei 5'300, ein 20%-Ernteausschlag ab 10'500 möglich (UN-ECE Workshop report: Critical levels for ozone. 1994).

Stickstoffdioxid-Passivsammler (Jahresmittelwerte in µg/m<sup>3</sup>, Grenzwert: 30 µg/m<sup>3</sup>)

Messstandort	Jahresmittel 1996
Beckenried Kirche	26
Buochs Gemeindehaus	28
Emmetten Dorf	15
Ennetbürgen Kirche	21
Ennetmoos Rohren	16
Hergiswil Dorf	34
Hergiswil Matt	30
Niederrickenbach	5

Messstandort	Jahresmittel 1996
Oberdorf Schiessstand	19
Stans Dorfplatz	30
Stans Engelbergstrasse	23
Stans Einkaufszentrum	33
Stans Kollegium	17
Stans Post	30
Stansstad Bahnhof	31
Wolfenschiessen Gemeindehaus	19



Zug

Messstandorte

Fixstation Inwil (Gemeinde Baar)

Messstandort	Koordinaten	Höhe ü. Meer	Strassenabstand in Metern	Höhe über Boden
Inwil (Gemeinde Baar)	682.600/226.900	435	300	4

Messstandorte der NO<sub>2</sub>-Passivsammler 1996 im Kanton Zug:

Besiedlungsgrad: OZ = Ortszentrum SR = Siedlungsrand  
WQ = Wohnquartier KB = keine Bebauung

(DTV: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (1995))

Messstandort	Höhe m ü. M.	Besiedlungsgrad	Strassenabstand [m]	DTV (Durchschnittl. tägl. Verkehr 1995)
Baar, Polizeiposten	445	OZ	60 130	2'200 20'200
Zug, Neugasse	420	OZ	15	20'500
Cham, Duggelimatt	420	WQ	20 120	Quartierstr. 20'400
Cham, Frauental	393	KB	-	-
Hünenberg, Langrütistrasse	465	KB	50	41'400
Hünenberg, Maihölzli	460	WQ	15	4'500
Menzingen, Werkhof	800	SR	80	4'000
Neuheim, Gemeindehaus	666	OZ	90	1'500
Oberägeri, Gemeindehaus	735	WQ	30 60	1'500 5'000
Rotkreuz, Gemeindehaus	429	WQ	60 300	3'500 9'700
Rotkreuz, Holzhäusern	443	SR	3	5'000
Steinhausen, Neudorfstrasse	440	WQ	5 150	Quartierstr. 8'000
Unterägeri, Lorzenstrasse	725	WQ	3 80	Quartierstr. 8'000
Walchwil, Bahnhof	449	WQ	100	4'000
Zug, Hertiquartier	421	SR	130	1'000
Zug, ZBB-Bergstation	925	SR	5	< 100
Zug, ZBB-Mittelstation	730	KB	-	-
Zug, ZBB-Talstation	560	SR	40	2'000
Zug, Kantonsschule	435	SR	130 375	6'000 11'000

Messresultate

Resultate Fixstation Inwil (Gde. Baar)

Stickstoffdioxid:	Messwerte 1996	Grenzwert
Jahresmittel	25	30
95%-Wert der Halbstundenmittel	53	100
höchster Tagesmittelwert	64	80
Anzahl Tagesmittelwerte > 80 µg/m <sup>3</sup>	0	1

Schwebstaub:	Messwerte 1996	Grenzwert
Jahresmittel	26	70
95%-Wert der Tageswerte	71	150

Ozon	Messwerte 1996	Grenzwert
höchster 98%-Wert	149	100
Anzahl Monate 98%-Wert > 100 µg/m <sup>3</sup>	6	0
höchster Stundenmittelwert	170	120
Anzahl Stundenmittel > 120 µg/m <sup>3</sup>	257	1
AOT40 Wald*	14995	-
AOT40 Landwirtschaftliche Kulturen*	9306	-

\* Kritische Belastungsgrenzen (AOT40): für Wald ist ab 10'000 mit Wachstumsbeeinträchtigungen zu rechnen für landwirtschaftliche Kulturen ist ein 10%-Ernteaufschlag bei 5'300, ein 20%-Ernteaufschlag ab 10'500 möglich (UN-ECE Workshop report: Critical levels for ozone. 1994).

Resultate der Stickstoffdioxid-Passivsammler im Kanton Zug 1996 mit Angabe der km-Koordinaten und Standortsnummer

Nr.	Messstandort	x-Koordinate	y-Koordinate	1996* Jahresmittel in µg/m³
PS 02	Baar, Polizeiposten	682'500	227'700	31
PS 13	Cham, Duggelimatt	678'200	226'400	29
PS 17	Cham, Frauental	674'700	229'900	19
PS 19	Hünenberg, Langrütistr.	675'400	225'500	38
PS 14	Hünenberg, Maihölzli	675'000	225'400	30
PS 09	Menzingen, Werkhof	687'500	225'700	16
PS 08	Neuheim, Gemeindehaus	686'100	228'900	21
PS 10	Oberägeri, Gemeindehaus	689'200	221'100	18
PS 15	Rotkreuz, Holzhäusern	675'900	223'300	42
PS 16	Rotkreuz, Gemeindehaus	675'300	221'600	30
PS 12	Steinhausen, Neudorfstr.	679'200	228'000	24
PS 11	Unterägeri, Lorzenstrasse	686'800	221'300	23
PS 18	Walchwil, Bahnhof	681'900	216'900	21
PS 04	Zug, Herti Quartier	680'600	226'100	26
PS 20	Zug, Kantonsschule	682'300	225'300	27
PS 03	Zug, Neugasse	681'600	224'600	55
PS 07	Zug, ZBB-Bergstation	683'000	222'000	11
PS 06	Zug, ZBB-Mittelstation	682'600	222'500	13
PS 05	Zug, ZBB-Talstation	682'100	222'800	17

\* 27.12.95 - 23.12.96

## Witterung und Luft

Die meteorologischen Bedingungen spielen sowohl bei der Bildung von Ozon im Sommer als auch bei der Anreicherung von weiteren Luftschadstoffen in bodennahen Luftschichten eine Schlüsselrolle.

Im Sommer sind neben den Vorläufersubstanzen Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) die Temperatur, Einstrahlung, Sonnenscheindauer, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit für die Ozonbildung massgebend. Besonders bei hochdruckbestimmter Witterung wird die Ozonproduktion begünstigt.

Im Winter können sich bei langanhaltenden Inversionslagen erhöhte Konzentrationen von Stickstoffdioxid und anderen Schadstoffen aufbauen. Von einer Inversion spricht man dann, wenn die höheren Luftschichten wärmer sind als die bodennahen. Sichtbare Anzeichen für Inversionen sind Nebeldecken oder Dunstschichten. Durch die stabile Luftschichtung findet dann keine vertikale Durchmischung statt, und die Luftschadstoffe können sich in bodennahen Schichten anreichern. In Gebirgstälern und topographischen Senken können in Verbindung mit Inversionen schon durch relativ geringe Emissionen hohe Schadstoffkonzentrationen entstehen.

Im Jahr 1996 lagen die Temperaturen, wie schon im Vorjahr, über den langjährigen Mittelwerten. Die Klimastation der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) in Luzern verzeichnete im April, Juni, Oktober und November Wärmeüberschüsse von mehr als einem Grad Celsius. Am deutlichsten unter den Normalwerten lagen die Temperaturen im September mit einem Defizit von 1.7 Grad Celsius.

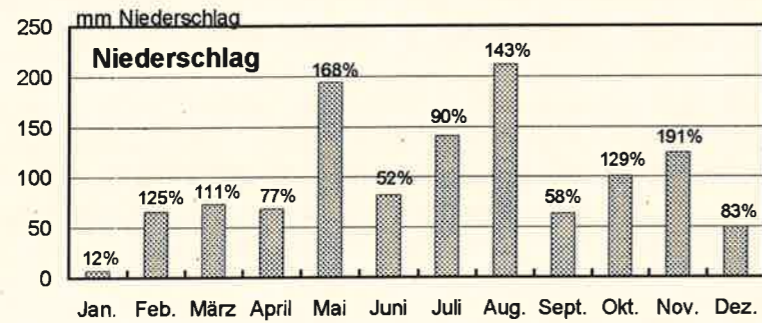
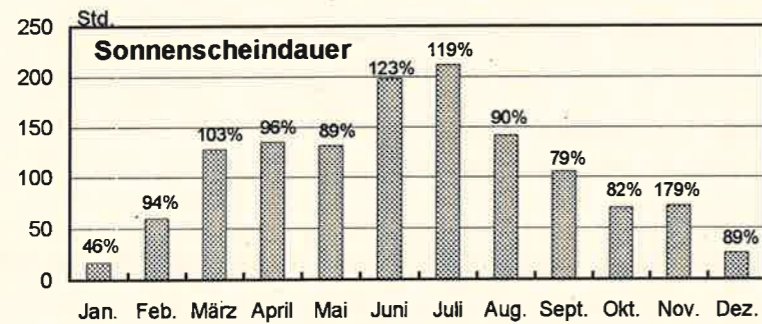
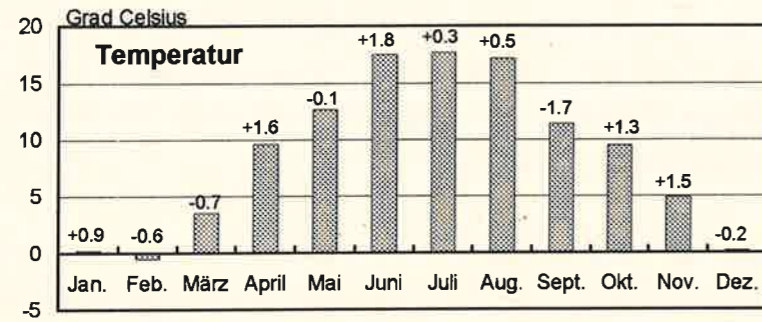
Deutlich überdurchschnittliche Niederschlagsmengen wurden im Mai (168 %), August (143 %) und November (191 %) gemessen. Nur zwölf Prozent der Norm erreichten hingegen die Niederschläge im Januar.

Im Hinblick auf die Ozonbildung ist insbesondere die Sonnenscheindauer im Sommerhalbjahr von Interesse. Im Juni erreichte die Besonnung dank der recht sonnigen ersten Monatshälfte 123 % der normalen Anzahl Sonnenstunden. Ebenfalls über der Norm lag die Sonnenscheindauer im Juli. In den übrigen Sommermonaten zeigte sich die Sonne weniger häufig als üblich.

# Die Luft.

## Klimadaten 1996 von Luzern im Vergleich mit den langjährigen Mittelwerten

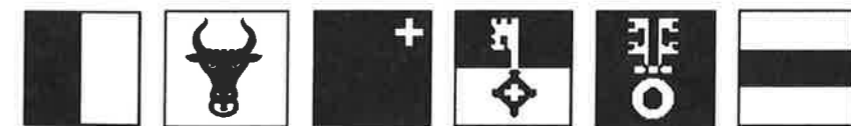
(Sonnenschein und Regen: Prozentuale Abweichung, Temperatur: absolute Abweichung)



Daten: Schweizerische Meteorologische Anstalt (SMA)

**Die Luft.**

**Luftbelastung in der Innerschweiz  
1996**



Innerschweizer Umweltschutzdirektoren

## Inhaltsverzeichnis

<b>Editorial</b>	<b>3</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>1. Wo und wie wird gemessen?</b>	<b>6</b>
<b>2. Was zeigen die Resultate von 1996 und wie vergleichen sie sich mit den Vorjahren?</b>	<b>7</b>
2.1. Stickstoffdioxid	7
2.2. Ozon	10
2.3. Schwefeldioxid	19
2.4. Kohlenmonoxid	20
2.5. Schwebestaub	21
2.6. Flüchtige organische Verbindungen	23
<b>3. Wie hoch ist der Verkehrsanteil an der Luftbelastung?</b>	<b>25</b>
3.1. Aufteilung der Emissionen nach Verursachern	25
3.2. Verkehrsemissionen in der Innerschweiz 1990 und 1995	26
3.3. Bedeutung des Transitverkehrs	30
3.4. Auswirkungen der verkehrsbedingten Emissionen auf Mensch und Umwelt	33
<b>4. Ausblick</b>	<b>36</b>
<b>5. Literaturverzeichnis</b>	<b>38</b>
<b>Wollen Sie mehr über „Die Luft.“ erfahren?</b>	<b>39</b>

### Impressum:

**Herausgeberin:** Innerschweizer Umweltschutzdirektorenkonferenz (IUDK)

**Redaktion:** Dr. Franz Akermann, Amt für Umweltschutz des Kantons Uri, Altdorf; Dr. Christian Vonarburg, Wanner AG, Goldau

**Datenmaterial und Beiträge:** Luftreinhaltfachstellen der Kantone Luzern, Nidwalden, Obwalden, Schwyz, Uri und Zug; Institut für Umweltmedizin, Luzern; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf

**Rasterkarten:** Meteotest, Bern

**Druck:** Gisler Druck, Altdorf

**Auflage:** 4'000

April 1997

## Editorial

Die Luftqualität in der Innerschweiz hat in den letzten Jahren vielerorts eine bedeutende Besserung erfahren. Die Daten der letztjährigen Luftmessungen in der Innerschweiz zeigen aber, dass nach wie vor eine zu hohe Belastung der Luft mit Schadstoffen besteht. Die Ozonwerte überschreiten seit Jahren die zumutbare Belastungsgrenze für unsere Wälder und die Landwirtschaft. Auch die Zunahme der Atemwegserkrankungen beim Menschen steht in direktem Zusammenhang mit der Qualität unserer Luft. Hier spielen die Feinstäube, wie z.B. im Dieselmotoren, eine bedeutende Rolle.

Im diesjährigen Luftmessbericht werden neben den aktuellen Messdaten die Emissionen des Strassenverkehrs ins Zentrum gestellt. Der motorisierte Strassenverkehr ist einer der Hauptverursacher der Luftbelastung in der Innerschweiz. Die in den letzten Jahren getroffenen Massnahmen führten zu einer Verbesserung der Situation. Die stetige Verkehrszunahme verhindert jedoch eine grundlegende Besserung der Luftqualität. Neben den lokal in der Innerschweiz produzierten Verkehrsemissionen verursacht der strassengebundene Gütertransport über den Gotthard einen bedeutenden und zunehmenden Anteil an den Emissionen.

Zum Thema Luft und Verkehr wird im Mai im Verkehrshaus Luzern eine Sonderausstellung eröffnet. Sie wird im Mittelpunkt der diesjährigen Luft-Kampagne stehen. Am Eröffnungstag der Ausstellung findet am selben Ort die europäische Verkehrsministerkonferenz statt. Der Transitgüterverkehr, Massnahmen zur Förderung des Schienenverkehrs, die NEAT, die Aufhebung der 28-Tonnen-Limite und andere brennende Fragen werden ganz oben auf der Traktandenliste stehen. Anlass genug, mit dem vorliegenden Bericht Grundlagen für das Verständnis der Anliegen der betroffenen Regionen zu liefern.

Innerschweizer Umweltschutzdirektorenkonferenz

Der Präsident

Richard Camenzind, Regierungsrat Kanton Schwyz



## Zusammenfassung

In der Innerschweiz wird die Luftqualität anhand von Leitstoffen beobachtet und aufgrund der Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalteverordnung beurteilt. Die Messungen erfolgen an repräsentativen Standorten mit kontinuierlich arbeitenden Messstationen sowie an weiteren Standorten mittels Passivsammlern. Zusätzlich wird für Ozon, ausgehend von punktuellen Messungen, mit einer Modellrechnung die Belastung für das ganze Gebiet der Innerschweiz abgeschätzt.

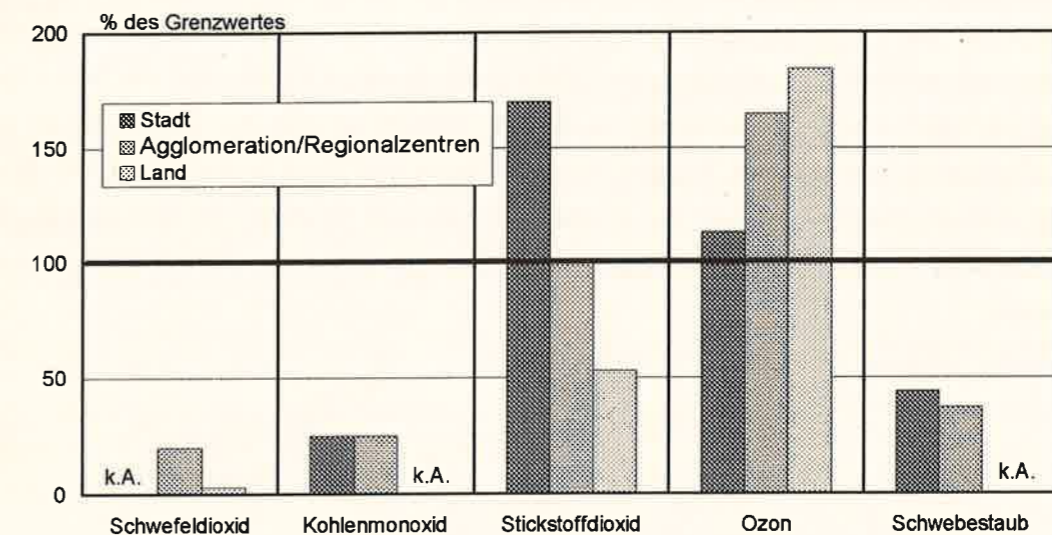
Die Konzentrationen von Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid lagen 1996, wie schon in den Vorjahren, in der ganzen Innerschweiz klar unter den Grenzwerten der Luftreinhalteverordnung. Die in die Luft ausgestossenen Mengen dieser Stoffe sind in den letzten Jahren infolge der getroffenen Luftreinhaltemassnahmen massiv zurückgegangen. Auch der Grenzwert für Schwebestaub wurde im vergangenen Jahr nicht erreicht. Aber als Bestandteil des Schwebestaubes nehmen die Feinstäube eine zunehmende Bedeutung ein. Ihre Konzentration steht in direktem Zusammenhang mit dem Auftreten von Atemwegserkrankungen. In der revidierten Luftreinhalteverordnung wird Feinstaub (PM10) den bisherigen Schwebestaub ersetzen. Überschreitungen der zugehörigen Grenzwerte sind auch in der Innerschweiz zu erwarten.

An vielen Orten ist in den letzten Jahren ein Rückgang der Stickstoffdioxidkonzentration zu beobachten. Die chronische Belastung der Luft mit Stickstoffdioxid lag aber auch 1996 noch vielerorts über dem Grenzwert der Luftreinhalteverordnung. Maximalwerte wurden in Stadtzentren gemessen, gefolgt von Standorten in Agglomerationen und Regionalzentren. Vor allem in der Nähe von vielbefahrenen Strassen sind die Werte erhöht. In Stadtzentren wurde 1996 auch der Kurzzeitgrenzwert mehrmals überschritten. In ländlichen Gegenden, abseits der Hauptverkehrsachsen, wurden nur geringe Mengen von Stickstoffdioxid gemessen.

Die Ozonwerte in der Innerschweiz zeigen im Vergleich zu den Vorjahren keine sinkende Tendenz. 1996 wurden die Grenzwerte, wie schon in den Vorjahren, in allen Gebieten der Innerschweiz zum Teil massiv überschritten. Der Stundenmittelgrenzwert wurde zwischen 10mal in Stadtzentren und 623mal im voralpinen Gebiet überschritten. In den dicht besiedelten Agglomerationen wurden zwischen 240 und 298 Überschreitungen verzeichnet. Pro Jahr dürfte dieser Grenzwert der Luftreinhalteverordnung maximal einmal überschritten werden.

Die Luftbelastung in der Innerschweiz ist weiterhin so hoch, dass negative Auswirkungen auf unseren Lebensraum zu erwarten sind. Die Ozonbelastung überschreitet im grössten Teil der Innerschweiz die kritischen Belastungsgrenzen für Wald und landwirtschaftliche Kulturen und führt zu einer Schwächung des Waldes sowie Produktionseinbussen in der Landwirtschaft. Ebenfalls beeinträchtigt wird die Gesundheit des Menschen.

Die bis anhin eingeleiteten Massnahmen führten bei einzelnen Stoffen zu einer Reduktion der Luftbelastung. Von 1990 bis 1995 konnte in der Innerschweiz ein Rückgang der Emissionen des Strassenverkehrs um ca. 20 % bei den Stickoxiden beobachtet werden. Die Sanierungsziele wurden dennoch nicht erreicht. Die Zunahme des motorisierten Strassenverkehrs kompensiert teilweise den Erfolg der bisher durchgeführten Luftreinhaltemassnahmen. Besonders deutlich zeigt sich dies im stetigen Anstieg des strassengebundenen Transitgüterverkehrs über die Alpen.



**Innerschweizer Luftschadstoffwerte 1996 im Vergleich mit den Grenzwerten der Luftreinhalteverordnung**

(Werte in Prozent der Jahresmittelgrenzwerte. Ozon: Werte in Prozent des Stundenmittelgrenzwertes. k.A.: keine Angaben)

## 1. Wo und wie wird gemessen?

Ziel der Luftmessungen ist es, Aussagen über die Luftqualität in der Innerschweiz zu machen, und zwar möglichst flächendeckend. Dies wird unter anderem dadurch erreicht, dass die Standorte drei Belastungstypen zugeordnet werden: Stadtzentrum, Agglomerationen / Regionalzentren und Land. Diese Strukturierung vereinfacht überdies die Kommunikation. Die Resultate der einzelnen Luftmessstationen können auf andere, ähnlich strukturierte Gebiete übertragen werden. Der Standorttyp Stadtzentrum ist charakterisiert durch eine hohe Siedlungsdichte und ein hohes Verkehrsaufkommen. Als Referenzstation dient hier die Station Luzern-Löwenplatz. Die Kategorie Agglomerationen und Regionalzentren umfasst die Umgebung der Städte sowie grössere Ortschaften mit dichter Besiedlung und erhöhtem Verkehrsaufkommen. In diesem Bereich werden die Messstationen Ebikon (Sedel), Feusisberg, Inwil bei Baar, Meggen, Sursee, Flüelen und Stans berücksichtigt. Der Standorttyp Land umfasst Standorte abseits der grossen Zentren und Strassen. Als Bezugsstationen für diesen Standorttyp dienten für den Jahresbericht 1996 die Stationen Alpthal, Schüpfheim und Seebodenalp.

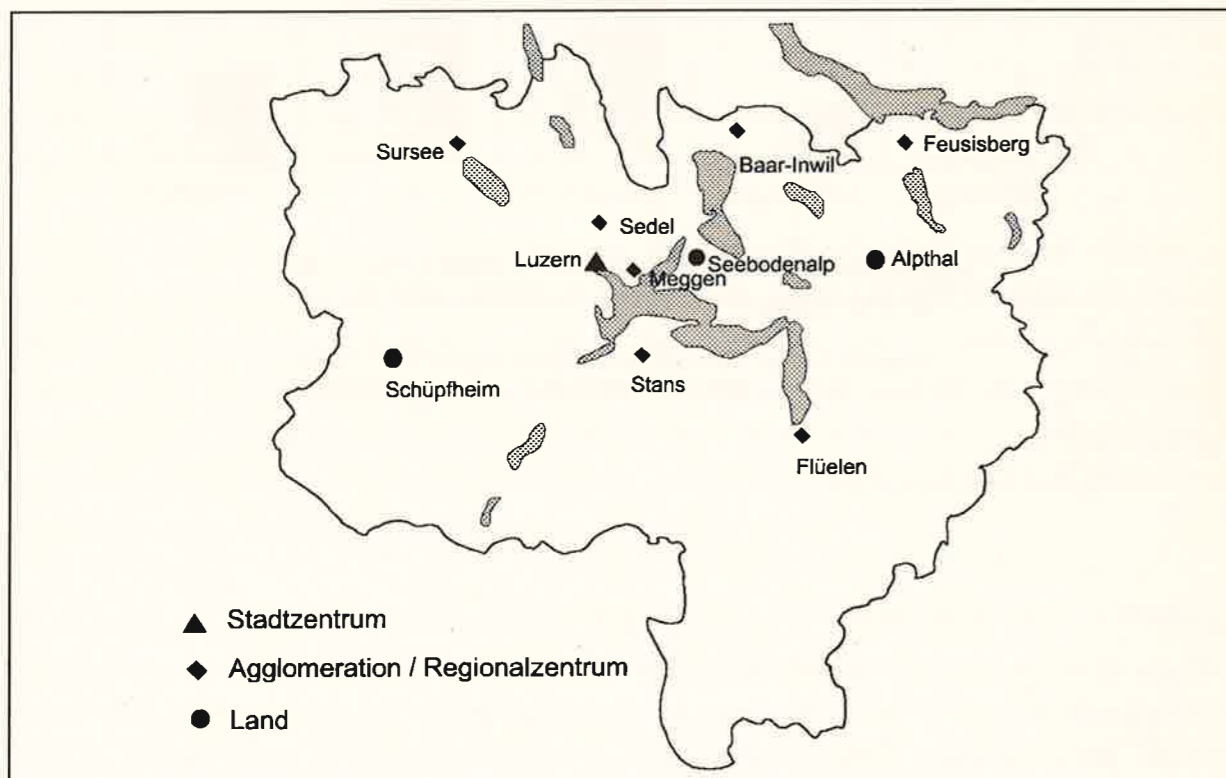


Abb. 1.1: Das Innerschweizer Luftmessnetz 1996 (ohne Passivsammler)

Zur Ergänzung der grossräumigen Aussagen über die Luftqualität wurden 1996 in der Innerschweiz zusätzlich an 133 Standorten Luftschadstoffe mit Passivsammlern gemessen. Diese eignen sich für die Beurteilung der Langzeitbelastung mit Stickstoffdioxid.

Nebst diesen Routineuntersuchungen werden auch Spezialuntersuchungen durchgeführt (z.B. bezüglich Transitverkehr). Deren Ergebnisse werden jeweils in separaten Berichten publiziert.

## 2. Was zeigen die Resultate von 1996 und wie vergleichen sie sich mit den Vorjahren?<sup>1</sup>

### 2.1. Stickstoffdioxid

Die Messresultate von Stickstoffdioxid im Jahr 1996 zeigen immer noch eine zu hohe Belastung in dichtbesiedelten Gebieten und entlang der Hauptverkehrsachsen. Dort kommt es zu Überschreitungen der Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung (LRV). Am städtischen Standort wurde ein Jahresmittelwert von 51 Mikrogramm pro Kubikmeter gemessen - dies bei einem Grenzwert von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter. Um diesen Grenzwert und darunter bewegten sich 1996 die Stickstoffdioxidkonzentrationen in den Agglomerationen und Regionalzentren (Jahresmittel zwischen 23 und 30 Mikrogramm pro Kubikmeter). In der Nähe vielbefahrener Strassen (hauptsächlich verkehrsreiche, enge Ortsdurchfahrten) kommt es ebenfalls zu Grenzwertüberschreitungen. Keine Probleme bereitet Stickstoffdioxid in ländlichen Regionen, abseits der Hauptverkehrsachsen. Dort betragen die Konzentrationen im Jahresmittel oft weniger als die Hälfte des Grenzwertes.

In den letzten Jahren konnte vielerorts ein Rückgang der Stickstoffdioxidbelastung festgestellt werden. Vor allem Standorte in Agglomerationen und Regionalzentren profitierten von diesem Rückgang.

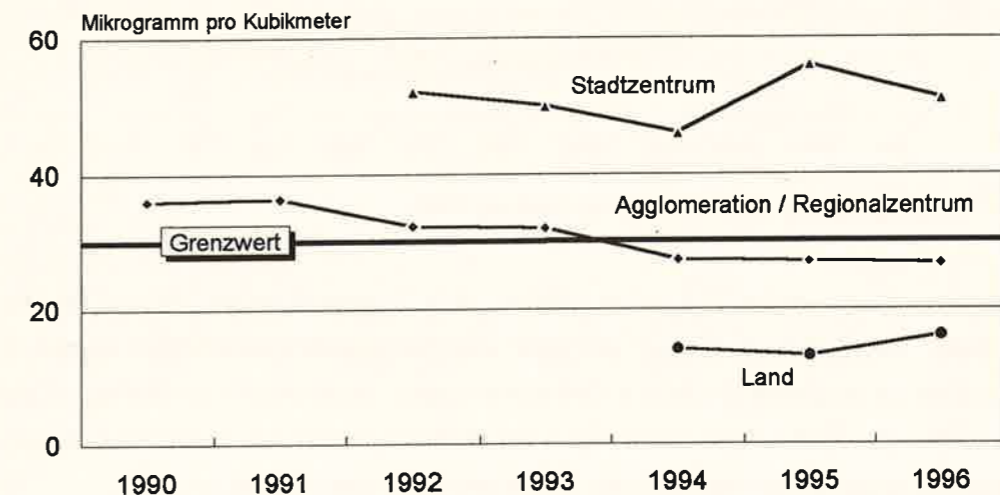


Abb. 2.1: Entwicklung der Jahresmittel der Stickstoffdioxidbelastung von 1990 bis 1996

In Ergänzung zu den kontinuierlich messenden Stationen wird die Stickstoffdioxid-Belastung der Luft zusätzlich mit sogenannten Passivsammlern erfasst. Mit diesen können keine Kurzzeitwerte gemessen werden, hingegen könnten die Resultate mit dem Jahresgrenzwert der LRV verglichen werden. In der Innerschweiz wurden 1996 an 133 Standorten Passivsammler für Stickstoffdioxid eingesetzt. An einem Viertel der Standorte wurde der Jahresmittelgrenzwert überschritten. Sie finden sich in zentrumsnahen Gebieten oder entlang der Hauptverkehrsachsen.

<sup>1</sup> Anmerkung zu den Immissionsdaten: Bei den im vorliegenden Jahresbericht verwendeten Messresultaten handelt es sich um bereinigte Daten. Sie können von den monatlich publizierten Werten geringfügig abweichen, da dort noch unkorrigierte Daten verwendet wurden.

## Die Luft.

Die maximalen Jahresmittel der Passivsammlermessungen lagen mit 71 Mikrogramm pro Kubikmeter mehr als doppelt so hoch wie der Grenzwert der Luftreinhalteverordnung von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter. Die Hintergrundbelastung in abgelegenen Gebieten der Voralpen lag 1996, beispielsweise auf Rigi-Kulm, bei 4 Mikrogramm pro Kubikmeter. Die Messresultate zeigen im Vergleich zu den Vorjahren einen langsamen Rückgang der Belastung mit Stickstoffdioxid.

Der *Jahresgang* der Stickstoffdioxidkonzentrationen zeigt standortbedingte Unterschiede. Im Normalfall werden maximale Werte im Winterhalbjahr gemessen. Dann sorgen oft Nebellagen für eine verminderte Durchmischung der Luft und bewirken damit eine Anreicherung von Luftschadstoffen. Minimale Werte wurden in den Sommermonaten registriert.

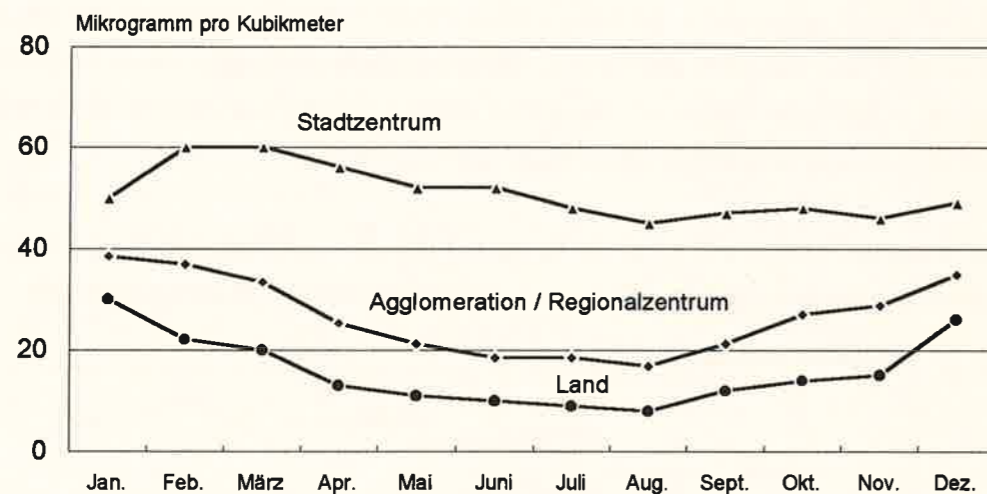


Abb. 2.2: Jahresgang der Stickstoffdioxidbelastung 1996

Die Spitzenkonzentrationen werden in der LRV mit dem Tagesmittelgrenzwert von 80 Mikrogramm pro Kubikmeter berücksichtigt. Er darf pro Jahr maximal einmal überschritten werden. Im Stadtzentrum wurden im vergangenen Jahr 4 Überschreitungen verzeichnet. Der Grenzwert wurde nicht eingehalten. Die *maximalen Tagesmittel* lagen bei 96 Mikrogramm pro Kubikmeter. Ausserhalb der dichtbesiedelten Regionen der Innerschweiz wurde der Grenzwert eingehalten.

## Die Luft.

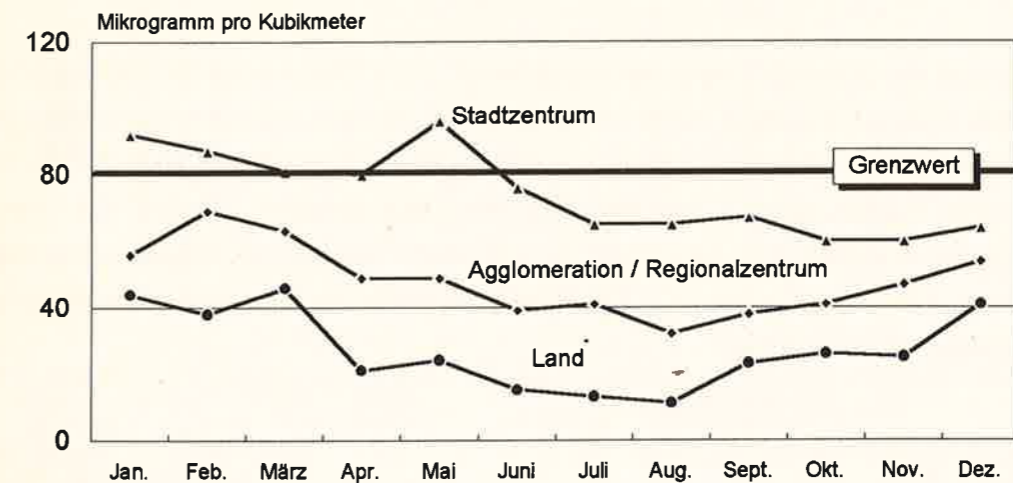


Abb. 2.3: Maximale Tagesmittel der Stickstoffdioxidbelastung 1996

2.2. Ozon

Keine Besserung zeigt die Ozonbelastung in der Innerschweiz. Auch 1996 war die Luft grossräumig mit diesem Reizgas belastet. Insgesamt wurde im vergangenen Jahr der Stundenmittelgrenzwert in der Innerschweiz zwischen 10mal im Stadtzentrum und 623mal im voralpinen Gebiet überschritten. In den dicht besiedelten Agglomerationen und Regionalzentren sind zwischen 240 und 298 Überschreitungen verzeichnet worden. Pro Jahr dürfte der Grenzwert gemäss Luftreinhalteverordnung eigentlich nur einmal überschritten werden. Die Grenzwerte werden in der Innerschweiz grossflächig überschritten (vgl. Ozonbelastungskarte).

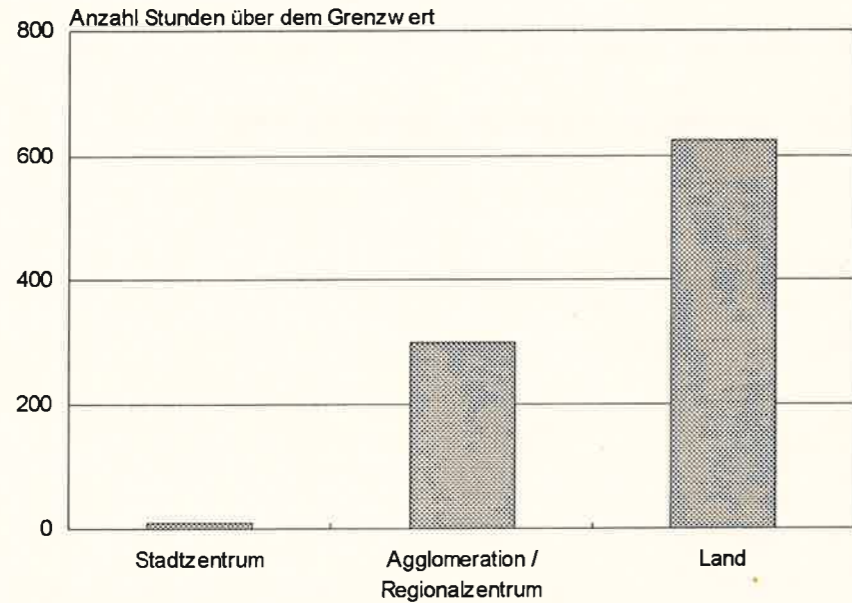
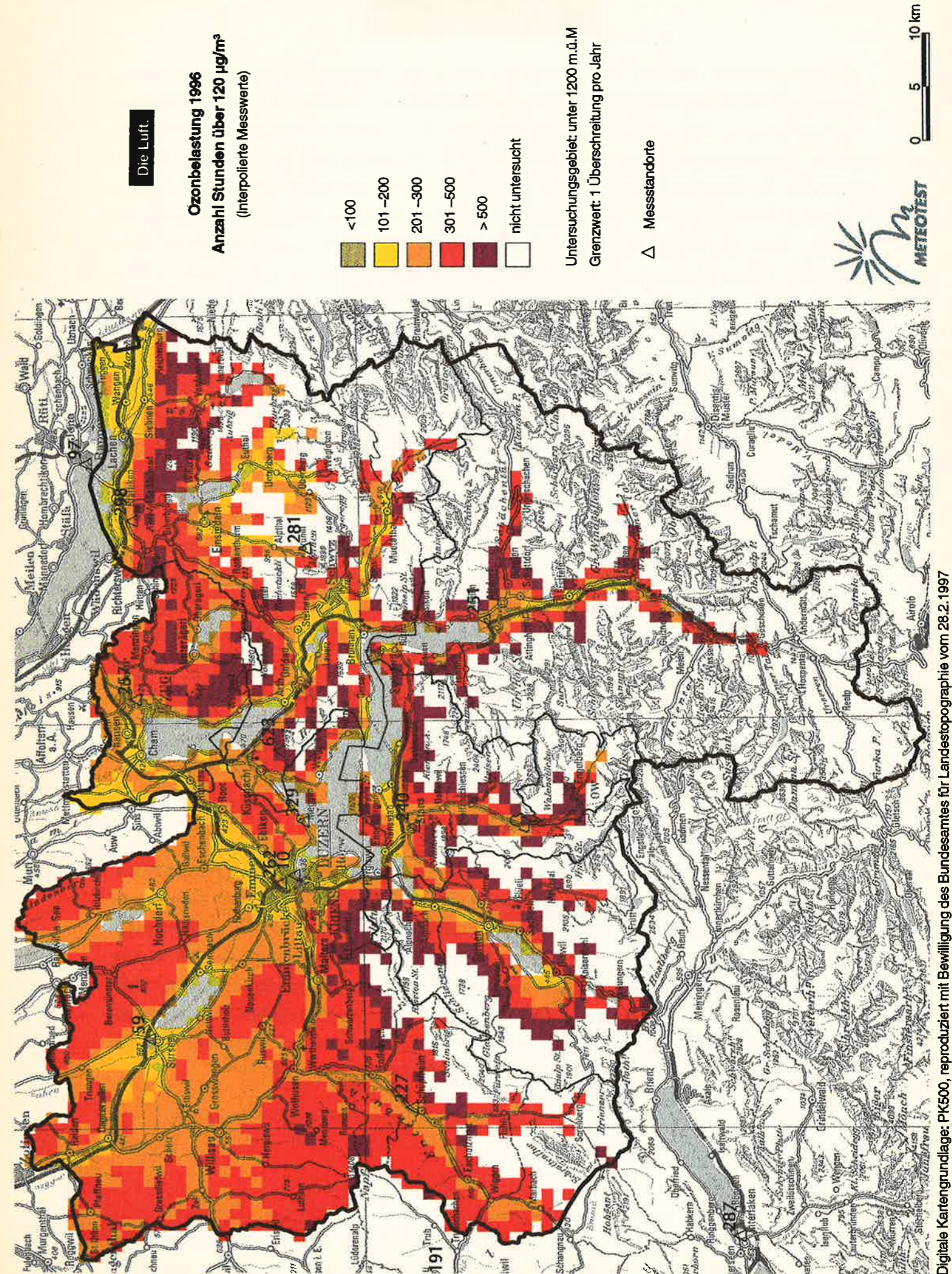


Abb. 2.4: Anzahl Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwertes 1996

Ozonbelastung 1996: Anzahl Stunden mit Überschreitung des Kurzzeitgrenzwertes

Die Karte zeigt grosse regionale Unterschiede im Ausmass der Belastung. Der Immissionsgrenzwert der Luftreinhalteverordnung für Ozon wird in der ganzen Innerschweiz flächendeckend überschritten. Am meisten Überschreitungen sind in den höher gelegenen Gebieten der Voralpen zu verzeichnen. Das Ozon wird hier einerseits aus den Ballungsgebieten importiert, andererseits fehlen hier die für den nächtlichen Ozonabbau nötigen Primärschadstoffe. Diese sorgen am Tag in den Ballungsräumen für die Ozonproduktion. Deutlich weniger Grenzwertüberschreitungen werden nur an stark verkehrsbelasteten Orten registriert. Dort wird das durch die Primärschadstoffe produzierte Ozon rasch wieder abgebaut.

Die Resultate der kontinuierlich arbeitenden Stationen des Innerschweizer Luftmessnetzes sowie Stationen der benachbarten Kantone und die Lage in Meter über Meer bilden die Grundlage für die Ozonbelastungskarte der Innerschweiz. Die Karte zeigt die Ozonbelastung in einer Auflösung von einem Quadratkilometer. Aufgrund fehlender Messstationen in den höher gelegenen Gebieten der Alpen sind die Modellrechnungen nur bis in eine Höhe von 1200 m ü. M. vorgenommen worden. Die Karte soll ein allgemeines Bild über die Innerschweizer Ozonbelastung vermitteln und erhebt nicht den Anspruch auf Genauigkeit im Detail. Die tatsächlich gemessenen Werte innerhalb eines Quadratkilometers können davon abweichen, insbesondere wenn eine vielbefahrene Strasse durch das Gebiet führt. Entlang von Hauptstrassen und in Dorfzentren wird in unmittelbarer Quellennähe vermehrt Ozon abgebaut. Die Ozonbelastung kann hier tiefer liegen.



## Die Luft.

Alle Innerschweizer Kantone haben in den vergangenen Jahren einen Massnahmenplan zur Luftreinhalteverordnung verabschiedet. Ob die damit eingeleiteten Massnahmen zu einer messbaren Verbesserung der Luftqualität führten, lässt sich durch den Vergleich mit Messdaten früherer Jahre zeigen. Betrachtet man den Verlauf des 98 %-Wertes von 100 Mikrogramm pro Kubikmeter (Monatsgrenzwert) der Messreihe in Inwil bei Baar, erkennt man keinen eindeutigen Trend zu höheren oder tieferen Ozonwerten. Während einem Grossteil des Jahres wurde der Grenzwert überschritten. Die Maxima finden sich jeweils im Sommerhalbjahr, wenn die Sonneneinstrahlung die Ozonproduktion begünstigt. Tiefere Werte, wie sie zum Beispiel 1993 aufgetreten sind, lassen sich klimatisch erklären (wenig langandauernde Schönwetterperioden). Dies wurde auch bei den anderen Innerschweizer Messresultaten beobachtet. 1996 war die Ozonbelastung etwas geringer als im Vorjahr.

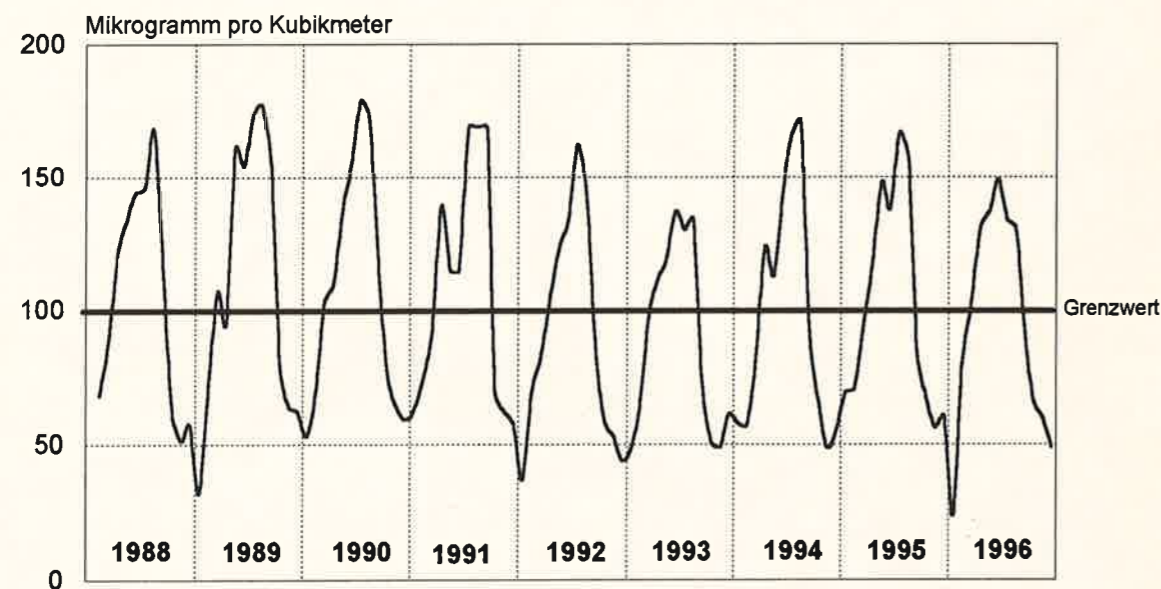


Abb. 2.5: 98 %-Werte von Ozon 1988 - 1996 an einem typischen Agglomerationsstandort in der Innerschweiz (Baar-Inwil) (Grenzwert: 98 Prozent der gemessenen Halbstundenmittel müssen kleiner als 100 Mikrogramm sein)

### Ozon-Jahresverlauf 1996

Im vergangenen Jahr wurden erste Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes der Luftreinhalteverordnung von 120 Mikrogramm pro Kubikmeter bereits im Februar gemessen. Mehr Sonne sorgte in den folgenden Monaten regelmässig für zu hohe Ozonwerte. Die am meisten mit Ozon belasteten Monate waren der April, Juni und Juli. Im Vergleich zu den Vorjahren entfielen deutlich weniger Überschreitungen auf den Juli. Grund dafür waren die wiederholten Kaltluftvorstösse, gewitterhaftes Wetter und Bise. Längeranhaltende Schönwetterperioden fehlten im vergangenen Juli weitgehend. Wenig Sonne und viel Regen verhinderten im Mai und August eine erhöhte Ozonproduktion. In den Herbst- und Wintermonaten lag jahreszeitlich bedingt nur noch wenig Ozon in der Luft.

## Die Luft.

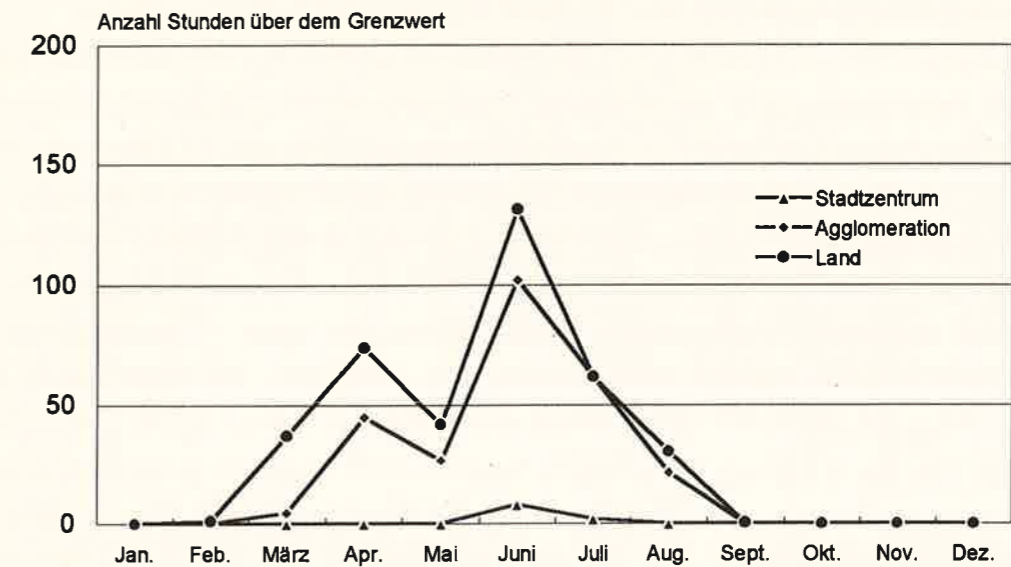


Abb. 2.6: Monatliche Anzahl Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwertes 1996

### Ozon-Spitzenwerte 1996

Die Spitzenwerte der Ozonkonzentrationen lagen in den Sommermonaten auf dem Land im Stundenmittel bei bis zu 221 Mikrogramm pro Kubikmeter. Der Grenzwert liegt bei 120. Im Monat Juni sorgte heisses Sommerwetter für die Maximalwerte. Die höchsten Konzentrationen wurden auf dem Land gemessen. In Agglomerationen und Regionalzentren lagen die Spitzen bei knapp 200, im Stadtzentrum bei 136 Mikrogramm. Nur Standorte in unmittelbarer Nähe von Verkehrsachsen wiesen tiefere Werte auf. Dort sorgten die vom Verkehr emittierten Schadstoffe für einen raschen Abbau des Ozons. Wegen der Verfrachtung des gebildeten Ozons sind die Konzentrationen auch in ländlichen Gebieten übermässig.

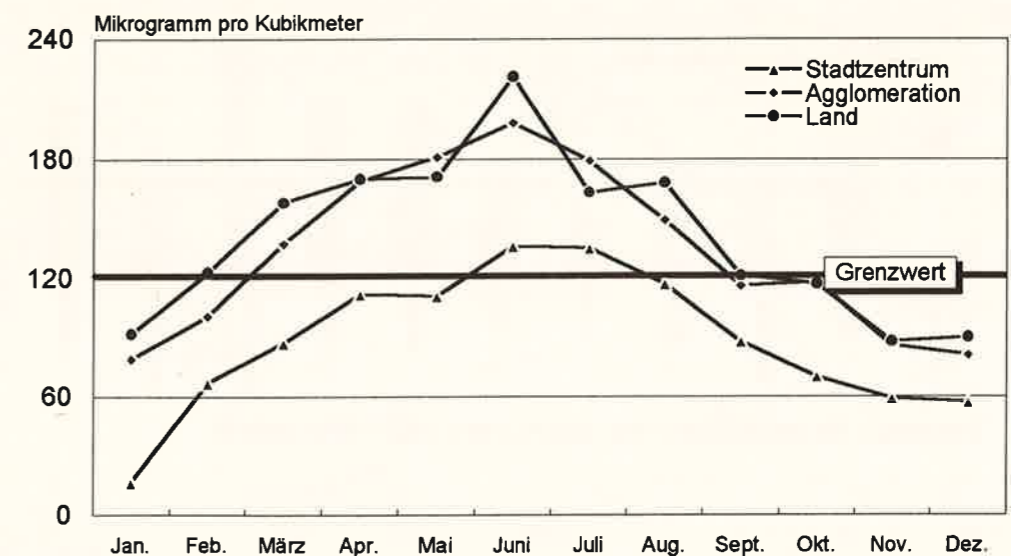


Abb. 2.7: Maximale Stundenmittel von Ozon 1996

**Kritische Belastungsgrenzen von Ozon für Wald und landwirtschaftliche Kulturen**

Für die wirkungsorientierte Betrachtung der Ozonbelastung auf Pflanzen sind neben den Konzentrationen noch andere Kenngrößen von Bedeutung. Dafür wurde der AOT-40 definiert. Er gibt die Dosis an, mit welcher Pflanzen während ihrer Wachstumsphase exponiert sind. Es werden nur die Werte aufsummiert, die über einem Schwellenwert von 40 ppb liegen<sup>2</sup>, deshalb die Abkürzung AOT-40 (accumulated exposure over a threshold of 40 ppb). Für Wald werden die Werte aller Stunden von April bis September, für landwirtschaftliche Kulturen nur jene der Tagesstunden von Mai bis Juli berücksichtigt. Europäische Forscherteams empfehlen, die tolerierbare Belastungsgrenze (critical level) bei einer möglichen Biomasseeinbusse von 10 % festzulegen.<sup>3</sup> Für Wald liegt die kritische Belastungsgrenze bei 10 ppm\*h<sup>4</sup>, für landwirtschaftliche Kulturen bei 5.3 ppm\*h (entspricht 10 %-Ernteaussfall) bzw. bei 10.5 ppm\*h (entspricht 20 %-Ernteaussfall). Das Konzept der „critical levels“ ist derzeit in Weiterentwicklung. Unter anderem werden die Belastungsgrenzen dem neuesten wissenschaftlichen Stand angepasst.<sup>5</sup>

In der Innerschweiz wurden im vergangenen Jahr die kritische Ozonbelastungsdosis für Wald (Abb. 2.8) und landwirtschaftliche Kulturpflanzen (Abb. 2.9) erheblich überschritten. Gemäss dem Bericht der UN-ECE (United Nations Economic Commission for Europe) würde sich dies in einer ozonbedingten Biomasseeinbusse der Wälder von über 10 % und einem relativen Ernteaussfall für landwirtschaftliche Kulturen bis zu mehr als 20 % auswirken.

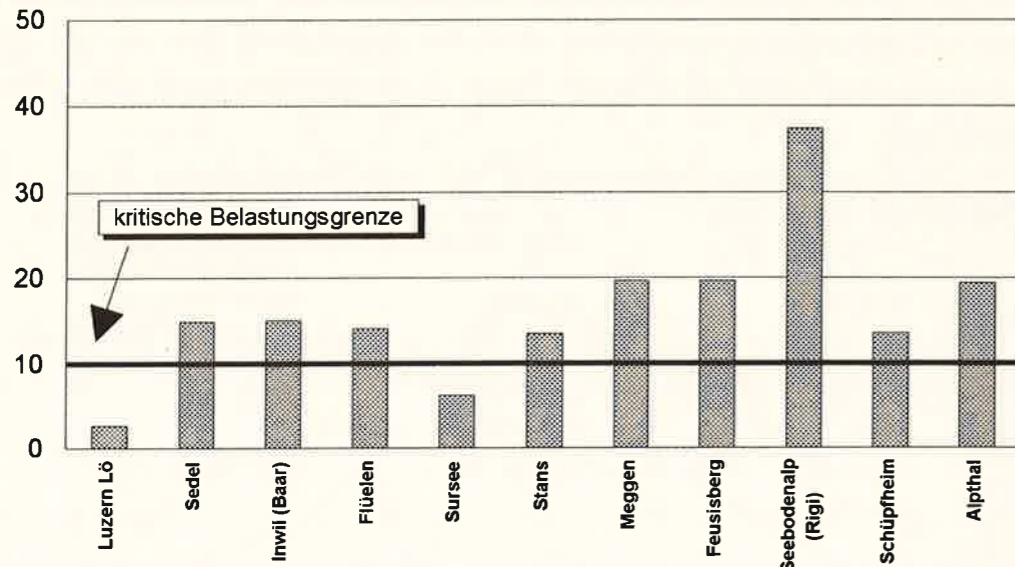


Abb. 2.8: Ozondosis für Wald 1996 in der Innerschweiz (AOT-40 in ppm\*h)

<sup>2</sup> ppb: part per billion, ein Teilchen auf eine Milliarde Teilchen.  
<sup>3</sup> Quelle: „Critical levels for ozone - a UN-ECE workshop report“. Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie. Schriftenreihe der FAC Liebefeld Nr. 16, 1994.  
<sup>4</sup> ppm: part per million, ein Teilchen auf eine Million Teilchen.  
<sup>5</sup> Quelle: „Proceedings of the Workshop on Critical levels for Ozone in Europe: Testing and Finalising the Concept“. Kuopio, Finland, 1996.

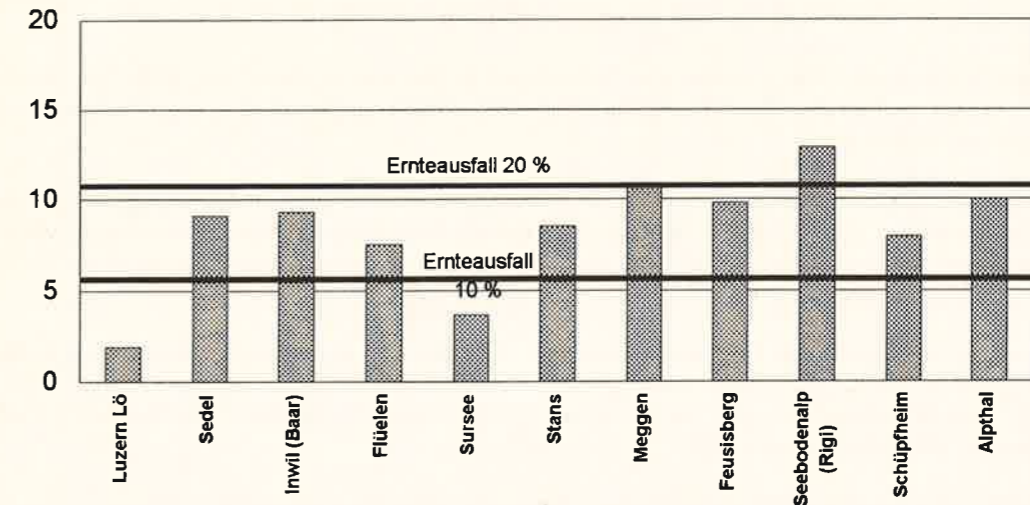


Abb. 2.9: Ozondosis für landwirtschaftliche Kulturen 1996 in der Innerschweiz (AOT-40 in ppm\*h)

Die zeitliche Entwicklung der Ozon-Dosis für Wälder seit 1988 zeigt, dass ausserhalb der Städte die Belastungsgrenzen für Ozon jedes Jahr überschritten worden sind. Die niedrigsten Werte wurden im sonnenarmen 1993 erfasst. Eine eindeutige Tendenz ist nicht zu erkennen.

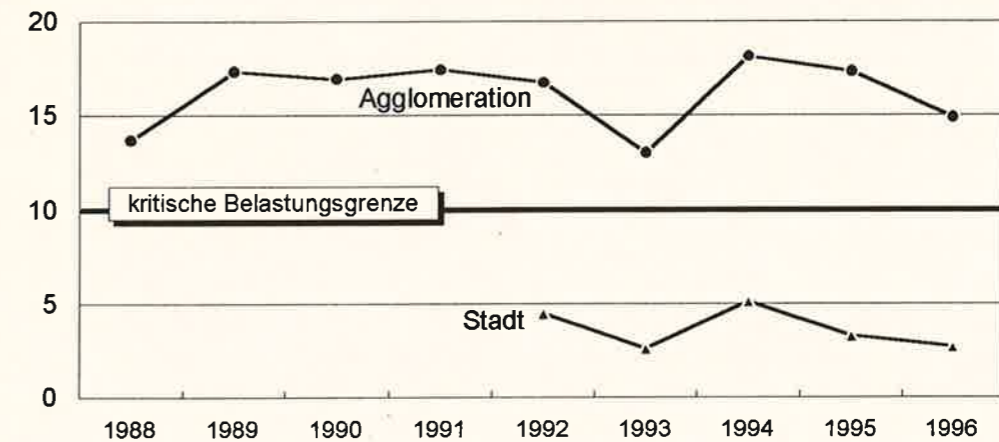


Abb. 2.10: Zeitliche Entwicklung der Ozondosis für Wald (AOT-40 in ppm\*h)

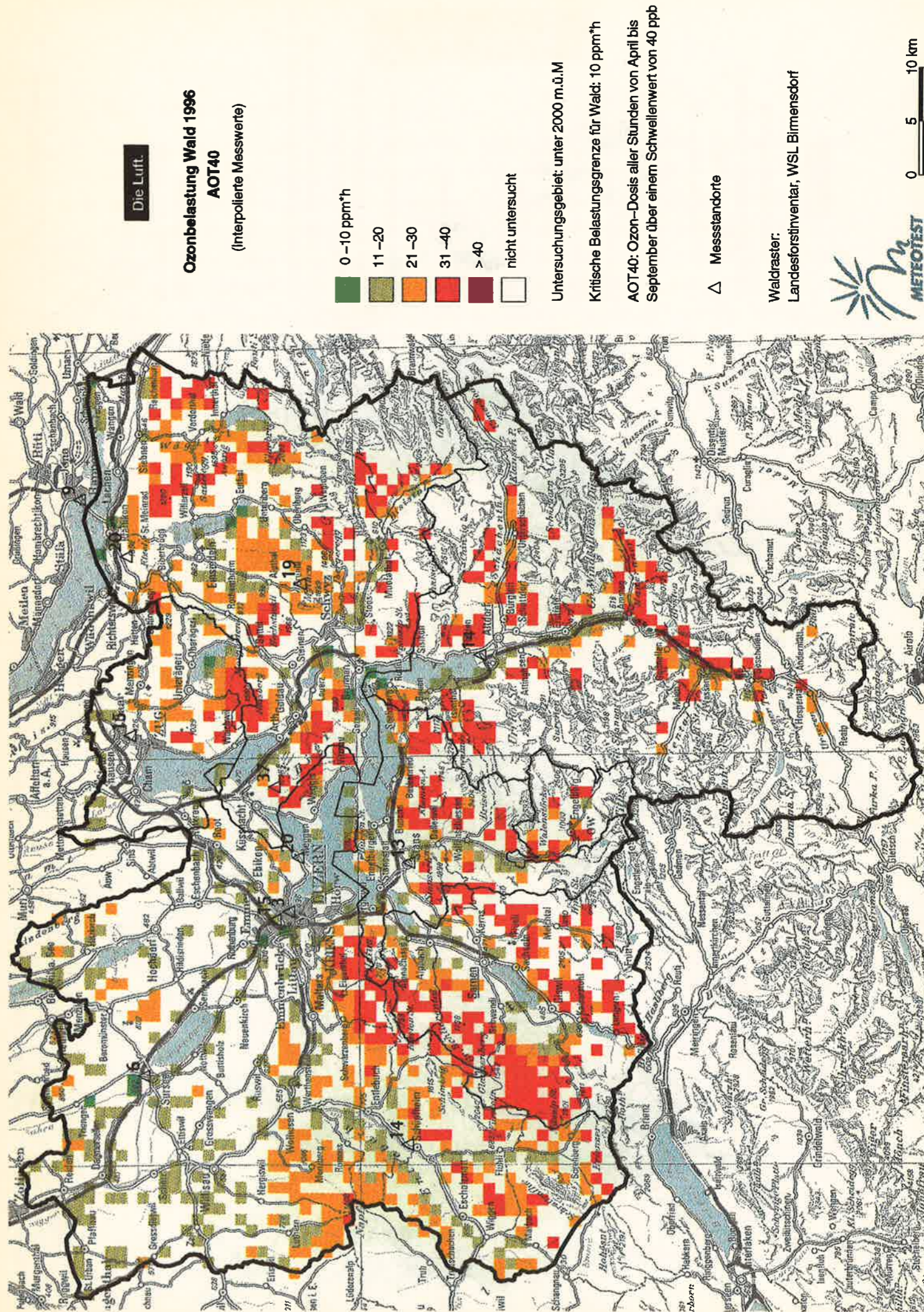
**Ozonbelastung im Jahr 1996 für Wälder und landwirtschaftliche Kulturen**

Beinahe flächendeckend überschreitet die Ozon-Dosis in der Innerschweiz die kritischen Belastungsgrenzen für Wald und landwirtschaftliche Kulturen. Die Karten zeigen grosse regionale Unterschiede im Ausmass der Belastung.

Die höchste Ozon-Dosis erhalten die Wälder in höher gelegenen Gebieten der Voralpen. Hier erreicht die Belastung den bis zu vierfachen Wert der kritischen Belastungsgrenze. Die geringste Belastung ist im Flachland zu verzeichnen. Doch auch dort wird die kritische Belastungsgrenze für Wälder grossräumig überschritten.

Besorgniserregend sind die flächendeckenden Überschreitungen der Belastungsgrenze für landwirtschaftliche Kulturen. Diese treten auch in den am intensivsten landwirtschaftlich genutzten Gegenden des Mittellandes auf. Damit sind ozonbedingte Einbussen der landwirtschaftlichen Produktion von 10 - 20 % zu erwarten.

Die Resultate der kontinuierlich arbeitenden Stationen des Innerschweizer Luftmessnetzes sowie Stationen der benachbarten Kantone und die Lage in Meter über Meer bilden die Grundlage für die Ozon-Dosiskarte der Innerschweiz. Die Karte zeigt die Ozon-Dosis in einer Auflösung von einem Quadratkilometer. Die Modellrechnungen für die Belastung von landwirtschaftlichen Kulturen wurden bis in eine Höhe von 1200 m ü. M., jene für den Wald bis in eine Höhe von 2000 m ü. M. durchgeführt. Die Karte soll ein allgemeines Bild über die Innerschweizer Ozonbelastung vermitteln und erhebt nicht den Anspruch auf Genauigkeit im Detail. Die tatsächlich gemessenen Werte innerhalb eines Quadratkilometers können variieren, insbesondere wenn eine vielbefahrene Strasse durch das Gebiet führt. Entlang von Hauptstrassen und in Dorfzentren wird in unmittelbarer Quellennähe vermehrt Ozon abgebaut. Die Ozonbelastung kann hier tiefer liegen.



### 2.3. Schwefeldioxid

In der Innerschweiz lagen 1996 die Jahresmittel deutlich unter dem Grenzwert der Luftreinhalteverordnung von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter. Der Kurzzeitgrenzwert von 100 Mikrogramm pro Kubikmeter wurde mit einem maximalen Tagesmittel von 24 Mikrogramm pro Kubikmeter klar eingehalten. In ländlichen Gebieten werden die tiefsten Werte gemessen. Die Schwefeldioxidkonzentrationen sind seit dem Maximum der Schwefeldioxidemissionen in der Mitte der 60er Jahre im Rückgang begriffen und stagnieren derzeit auf einem tiefen Stand. Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte treten keine mehr auf. Die Maximalwerte wurden im Winterhalbjahr gemessen. Dies weist auf die Feuerungen als Hauptquelle der Schwefeldioxidemissionen hin. Relativ geringe Werte wurden im Januar verzeichnet. Grund dafür war die milde Witterung.

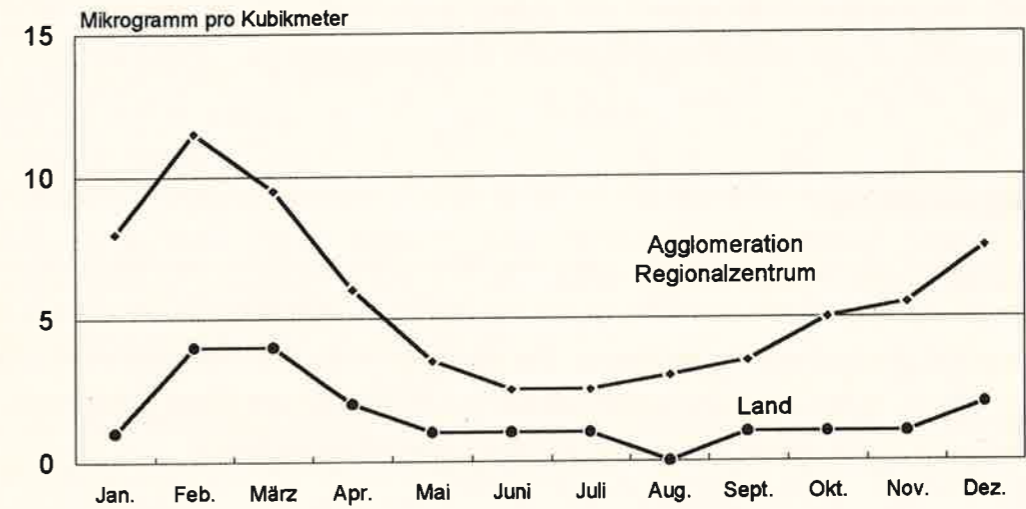
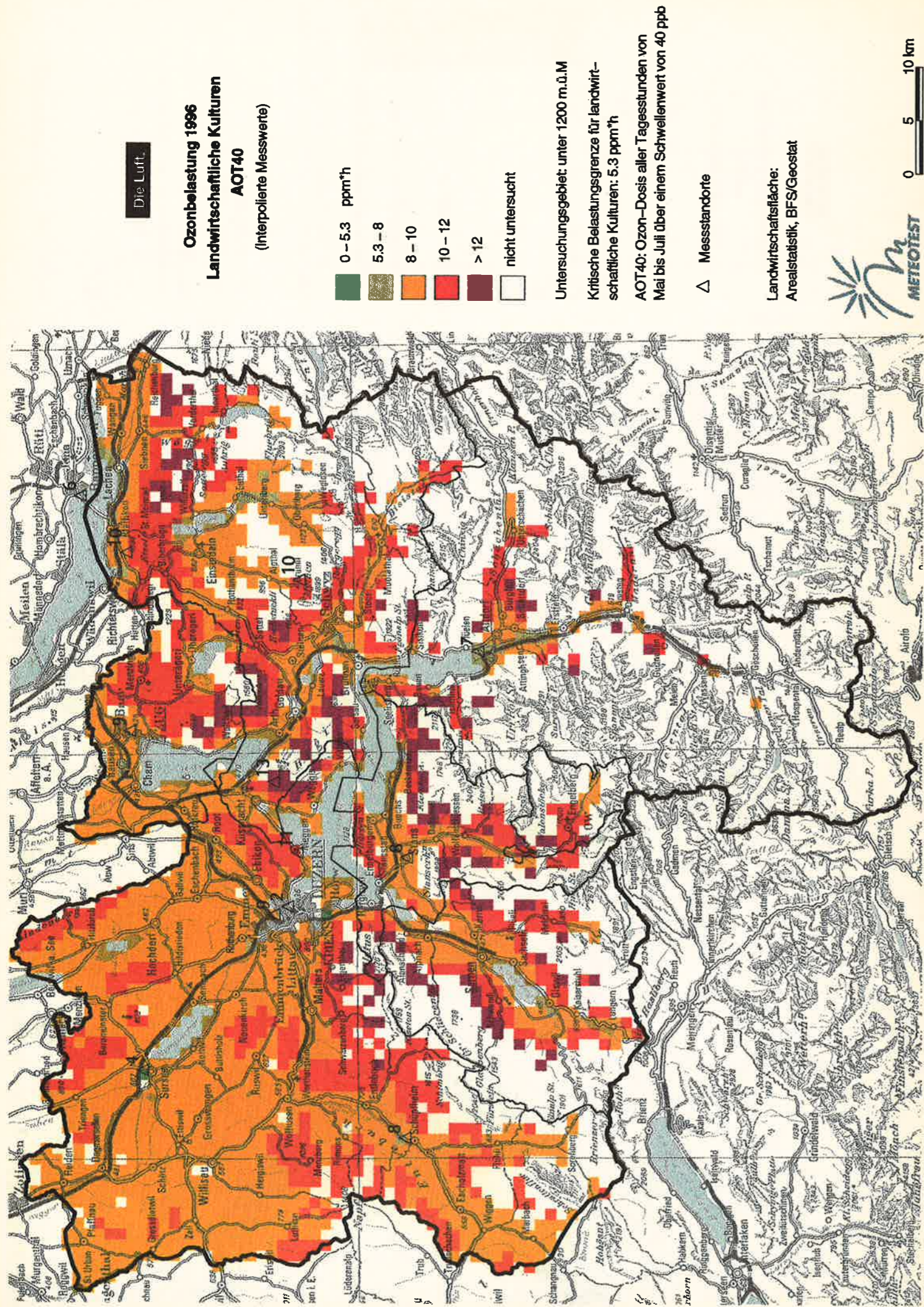


Abb. 2.11: Jahresgang von Schwefeldioxid, 1996

An den tiefen Schwefeldioxid-Werten zeigt sich der Erfolg der getroffenen Massnahmen (insbesondere der Herabsetzung des Schwefelgehaltes im Heizöl). Das Beispiel Schwefeldioxid macht deutlich, dass bei einer konsequenten Umsetzung von Lufthygienemassnahmen auch an früher stärker belasteten Standorten die Grenzwerte wieder eingehalten werden können.

Eine weitere Senkung des Schwefeldioxidausstosses ist dennoch anzustreben, denn Schwefeldioxid trägt, zusammen mit anderen säurebildenden Schadstoffen, zur Versauerung der Niederschläge bei. Dies ist für die Wälder und andere empfindliche Ökosysteme der Innerschweiz von Bedeutung, weil in grossen Teilen die kritischen Belastungsgrenzen für den Säureeintrag überschritten werden.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Critical Loads for Acidity for Forest Soils and Alpine Lakes. Steady State Mass Balance Method. BUWAL 1994, Environmental Series No. 234.





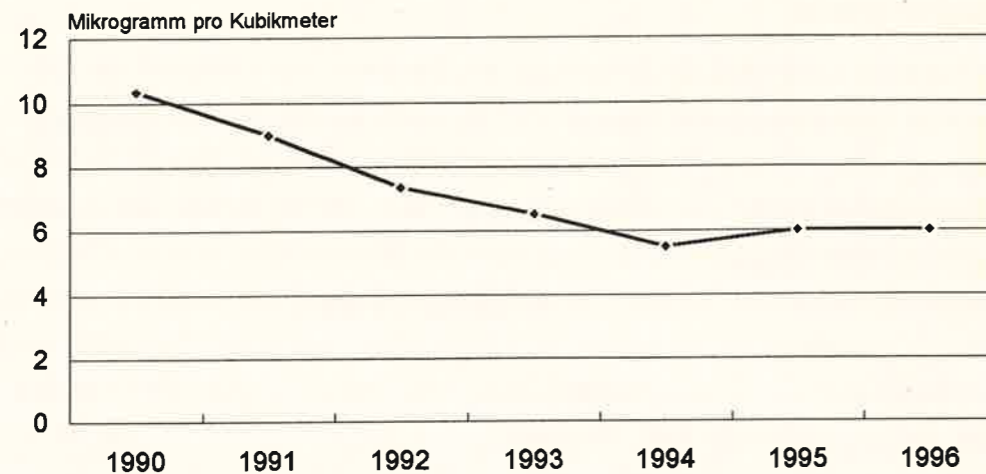


Abb. 2.12: Jahresmittel von Schwefeldioxid in Agglomerationen der Innerschweiz von 1990 bis 1996 (Grenzwert: 30 Mikrogramm pro Kubikmeter)

## 2.4. Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid (CO) wird grösstenteils durch den Motorfahrzeugverkehr verursacht. In der Innerschweiz lagen die Konzentrationen selbst an verkehrsbelasteten Standorten im Jahresmittel klar unter dem Grenzwert der Luftreinhalteverordnung. Der gesamtschweizerisch feststellbare Rückgang der Belastung erfolgte in den Achtziger Jahren parallel zur Einführung des Abgas-Katalysators. Die zur Zeit gemessenen Werte dürften sich in den nächsten Jahren kaum verändern.

Tab. 1: Jahresmittel von Kohlenmonoxid

Standort	Jahresmittelwert (mg/m <sup>3</sup> )	Grenzwert (mg/m <sup>3</sup> )
Luzern Löwenplatz	2	8

## 2.5. Schwebestaub

Unter Schwebestaub versteht man feinverteilte Schwebestoffe mit einer Sinkgeschwindigkeit von weniger als 10 Zentimeter pro Sekunde. Schwebestaubpartikel dienen als Träger für andere Schadstoffe (Schwermetalle, Sulfate, Nitrate, organische Verbindungen etc.). Ihre gesundheitlichen Auswirkungen betreffen in erster Linie die Atemwege. Je nach Grösse setzen sich die Schwebestaubteilchen schon im Nasen-Rachenraum ab oder können bis in die tieferen Atemwege eindringen. Schwebestaub verstärkt die Wirkung anderer Luftschadstoffe. Vor allem die in die Lunge eindringenden Partikel sind schädlich.

Die Schwebestaubkonzentrationen des vergangenen Jahres zeigen leicht höhere Werte im Winterhalbjahr. Dann ist bei Nebellagen die Durchmischung der Luft oft vermindert und die Staubpartikel können sich anreichern. Im Jahresmittel erreichten die Konzentrationen in der Innerschweiz jedoch maximal etwa die Hälfte des heute geltenden Immissionsgrenzwertes von 70 Mikrogramm pro Kubikmeter.

In den letzten fünf Jahren ist eine geringfügige Abnahme der Schwebestaubkonzentrationen in der Innerschweiz zu beobachten. 1996 stiegen die Werte allerdings wieder leicht an. Überschreitungen der aktuellen Grenzwerte sind auch in Zukunft nicht zu erwarten. Nur lokal, in unmittelbarer Quellennähe, kann die Schwebestaubbelastung problematisch sein.

Die Schwebestaubkonzentrationen werden in der Innerschweiz nur an ausgewählten Standorten erfasst. Aus diesem Grund wird bei den Darstellungen auf eine Typisierung nach Standorten verzichtet.

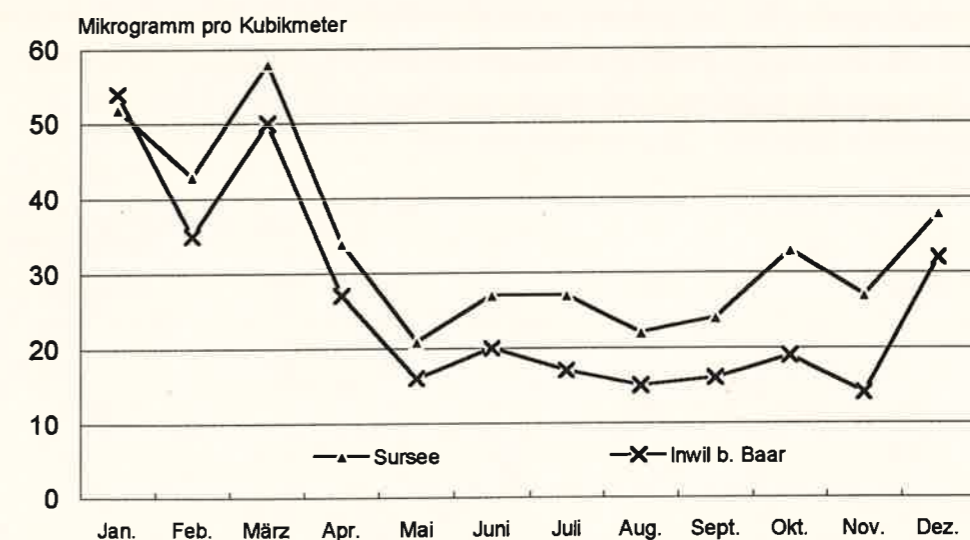


Abb. 2.13: Jahregang von Schwebestaub, 1996 (Grenzwert: 70 Mikrogramm pro Kubikmeter)

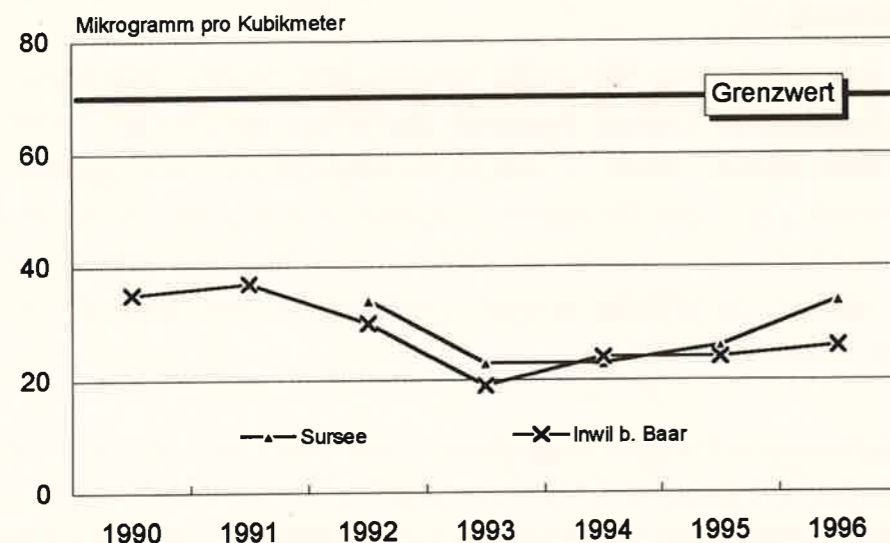


Abb. 2.14: Jahresmittel von Schwebestaub von 1990 bis 1996

Auf den kommenden Juli wird der Bundesrat den im Anhang der Luftreinhalteverordnung aufgeführten Schwebestaub durch einen PM10<sup>7</sup> genannten Feinstaub ersetzen und zugehörige Grenzwerte festlegen. Während der bisherige Schwebestaub auch grössere Staubpartikel bis zu 50 Mikrometer Durchmesser enthält, wird mit PM10 nur noch der Staubanteil berücksichtigt, dessen Teilchengrösse 10 Mikrometer nicht übersteigt. Dieser Staubanteil kann beim Einatmen ohne merkliche Abscheidung in Nase und Rachen in die Lunge gelangen. Dies ist von gesundheitlicher Bedeutung. Gemäss neuesten epidemiologischen Studien in der Schweiz (SAPALDIA), Europa und den USA besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der PM10-Konzentration und dem Vorkommen von chronischen Atemwegserkrankungen wie Asthma oder Bronchitis. PM10 sind derzeit das am besten geeignete Mass zur Erfassung des gesundheitlichen Risikos der Luftverschmutzung in der Schweiz. Mit den neuen PM10-Grenzwerten werden, im Gegensatz zum bisher erfassten Schwebestaub, vielerorts wieder Überschreitungen erwartet.

<sup>7</sup> Schwebestaub. Messung und gesundheitliche Bewertung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 270. BUWAL, Bern, 1996.

## 2.6. Flüchtige organische Verbindungen

Flüchtige organische Verbindungen (VOC) sind ein Sammelbegriff für eine Vielzahl organischer Gase und Dämpfe. Wegen dieser Vielzahl unterschiedlicher Stoffe wurde in der Luftreinhalteverordnung für VOC kein Immissionsgrenzwert festgelegt. VOC entstehen unter anderem bei der Verbrennung und Verdunstung von Treibstoffen und Lösungsmitteln. VOC sind in zweierlei Hinsicht problematisch: Zusammen mit Stickoxiden führen sie einerseits unter Sonneneinwirkung zur Bildung von bodennahem Ozon, andererseits sind viele VOC auch direkt toxisch. Problematisch sind ihre zum Teil krebserregenden Eigenschaften. Für die Kanzerogenität existiert keine unbedenkliche Konzentration, weshalb Immissionsgrenzwerte nicht in einfacher Weise hergeleitet werden können.

In der Innerschweiz sind 1996 in Luzern VOC-Immissionsmessungen durchgeführt worden. Gemessen werden u.a. die Konzentrationen von Benzol, Toluol und Xylol (BTX) sowie von Tetrachlorethen. In der Messperiode sind am verkehrsbelasteten Standort Luzern-Löwenplatz im Jahresmittel 4.4 Mikrogramm pro Kubikmeter Benzol erfasst worden (Vorjahr: 4.5 Mikrogramm pro Kubikmeter). Zum Vergleich können frühere Messungen in der Schweiz aus den Jahren 1991 und 1992<sup>8</sup> herangezogen werden. Die ländliche Belastung mit Benzol lag damals bei etwa 2 Mikrogramm pro Kubikmeter, in ausgeprägten Strassenschluchten bei 11 Mikrogramm pro Kubikmeter. Die Werte der Luzerner Messungen im vergangenen Jahr lagen zwischen diesen Extremwerten.

Toluol zeigte mit einem Jahresmittel von 12 Mikrogramm pro Kubikmeter von den erfassten VOC die höchste Konzentration. Wichtige Quellen von Toluol finden sich nebst dem Strassenverkehr bei stationären Quellen (Industrie und Gewerbe).

Im Vergleich zu den Resultaten der Vorjahre ist die Belastung der VOC zurückgegangen.

Tab. 2: Vergleich der Benzol- und Toluolwerte mit den Vorjahren (Einheit: Mikrogramm pro Kubikmeter; 1993 und 1994 Stichprobenmessungen, 1995 und 1996 Passivsammlermessungen)

Messperiode	Benzol	Toluol
1993	7	18
1994	5	14
1995	5	13
1996	4	12

Der Jahresgang der untersuchten VOC weisen einen vergleichbaren Verlauf auf. Maximale Werte wurden im Januar, März und Oktober gemessen.

<sup>8</sup> VOC- und PAH-Immissionsmessungen in der Schweiz (1991 / 1992). Umweltmaterialien Nr. 10, Luft. BUWAL, Bern 1994.

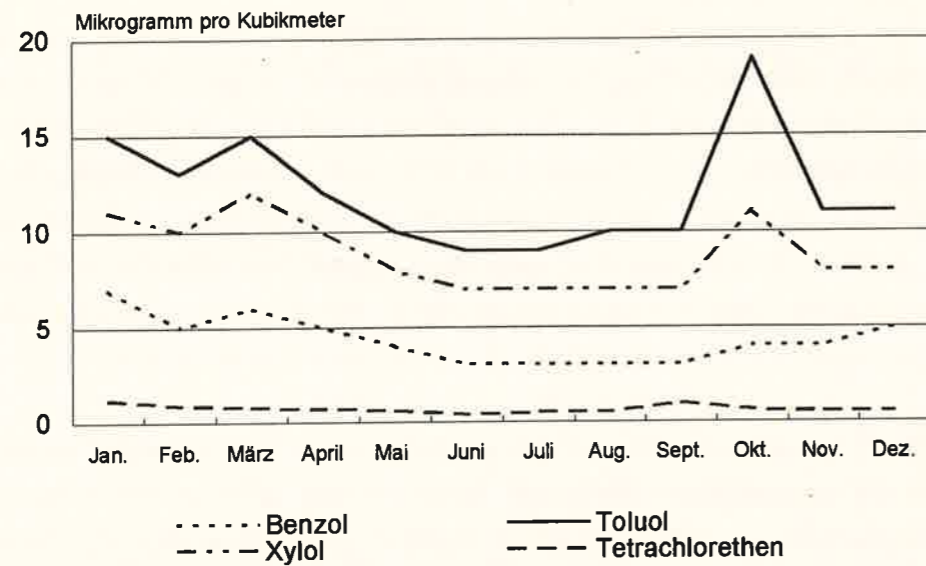


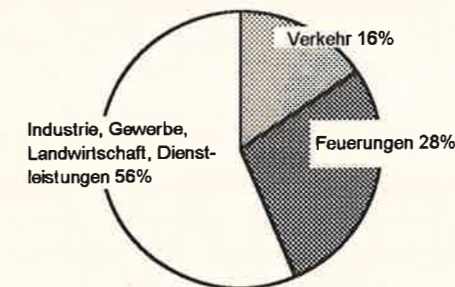
Abb. 2.15: Jahresverlauf von ausgewählten flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) am Standort Luzern-Löwenplatz.

### 3. Wie hoch ist der Verkehrsanteil an der Luftbelastung?

#### 3.1. Aufteilung der Emissionen nach Verursachern

Die Belastung der Luft setzt sich zusammen aus einem Anteil natürlichen Ursprungs und einem Anteil, der durch die menschlichen Aktivitäten verursacht wird. Die im folgenden dargestellten Betrachtungen konzentrieren sich auf diesen zweiten, durch den Menschen verursachten Anteil. Bei den *flüchtigen organischen Verbindungen*, die zusammen mit den Stickoxiden zur Ozonbildung beitragen, entfällt etwas mehr als die Hälfte der Emissionen auf Industrie und Gewerbe und ein knappes Drittel auf Feuerungen (Energie). Der Anteil des Verkehrs entspricht einem Sechstel. Ein Grossteil der *Stickoxide*<sup>9</sup> wird vom Verkehr emittiert, dessen Anteil an den Gesamtemissionen in der Innerschweiz etwa drei Viertel beträgt.

#### Flüchtige organische Verbindungen (VOC)



#### Stickoxide

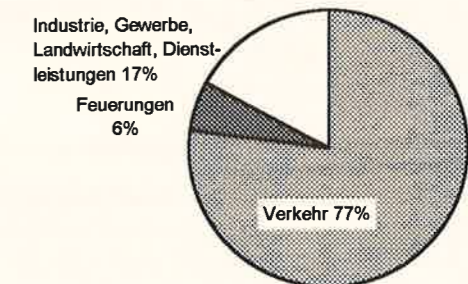


Abb. 3.1: Emissionen von Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen in der Innerschweiz 1995

Neben den Stickoxiden und den VOC sind Feinstäube ein bedeutender Bestandteil der Luftverschmutzung. Dazu zählt auch der grösstenteils von Lastwagen und Maschinen (Bau, Landwirtschaft) ausgestossene Dieseleruss, der krebserregend ist.

In der Folge wird vor allem auf die Emissionen der Stickoxide und flüchtigen organischen Verbindungen des Strassenverkehrs eingegangen, da diese auch für die übermässige Ozonbildung verantwortlich zeichnen. Anhand der neuesten Emissionszahlen wird der Trend der verkehrsbedingten Luftschadstoffemissionen in der Innerschweiz seit 1990 aufgezeigt und es werden Auswirkungen auf Mensch und Umwelt diskutiert.

<sup>9</sup> Stickoxide (NO<sub>x</sub>) sind eine Sammelbegriff für Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>).

### 3.2. Verkehrsemissionen in der Innerschweiz 1990 und 1995

Für die Berechnung von Schadstoffemissionen sind die zugrundeliegenden Emissionsfaktoren von hoher Bedeutung. Die 1986 für den Zeitraum 1950 - 2000 veröffentlichten Faktoren mussten zwischenzeitlich überarbeitet werden und stehen nun in neuer Form seit 1995 zur Verfügung. Zusammen mit den alle fünf Jahre erhobenen detaillierten Verkehrszählungen (UNO-Zählungen) können für 1990 und 1995 solide Verkehrsemissionen berechnet und allfällige zeitliche Veränderungen festgestellt werden. Die genauen Verkehrszahlen für 1996 standen zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht zur Verfügung. Die Innerortsemissionen wurden anhand bevölkerungsstatistischer Angaben hochgerechnet.

Für die Innerschweiz ergaben sich für 1995 die nachfolgenden jährlichen Strassenverkehrsemissionen: Stickoxide 7'474 und VOC 4'785 Tonnen pro Jahr. Im Vergleich zu 1990 kann ein beachtlicher Rückgang festgestellt werden; er beträgt für die Stickoxide rund ein Viertel und für die VOC mehr als die Hälfte (vgl. Abb. 3.1). Ein Rückgang der Emissionen ist in allen Kantonen verzeichnet worden (vgl. Tab. 3).

Hauptgrund für den Emissionsrückgang sind die technischen Verbesserungen an den Fahrzeugen. Durch den Katalysator bei Personenwagen kann ein Grossteil der Schadstoffe in unproblematische Stoffe umgewandelt werden.

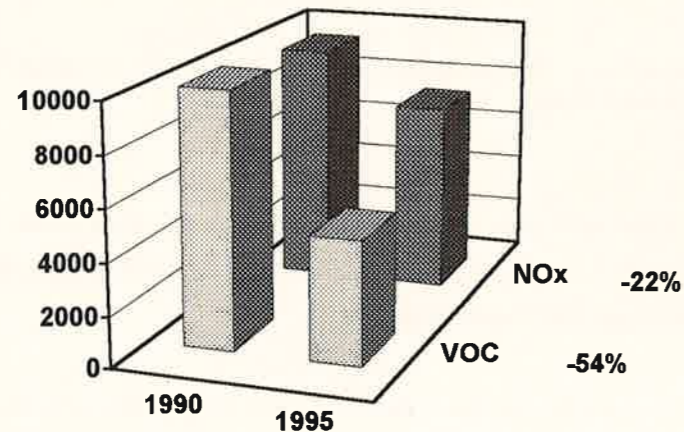


Abb. 3.1: Verkehrsemissionen von Stickoxiden (NOx) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) in der Innerschweiz 1990 und 1995 in Tonnen pro Jahr.

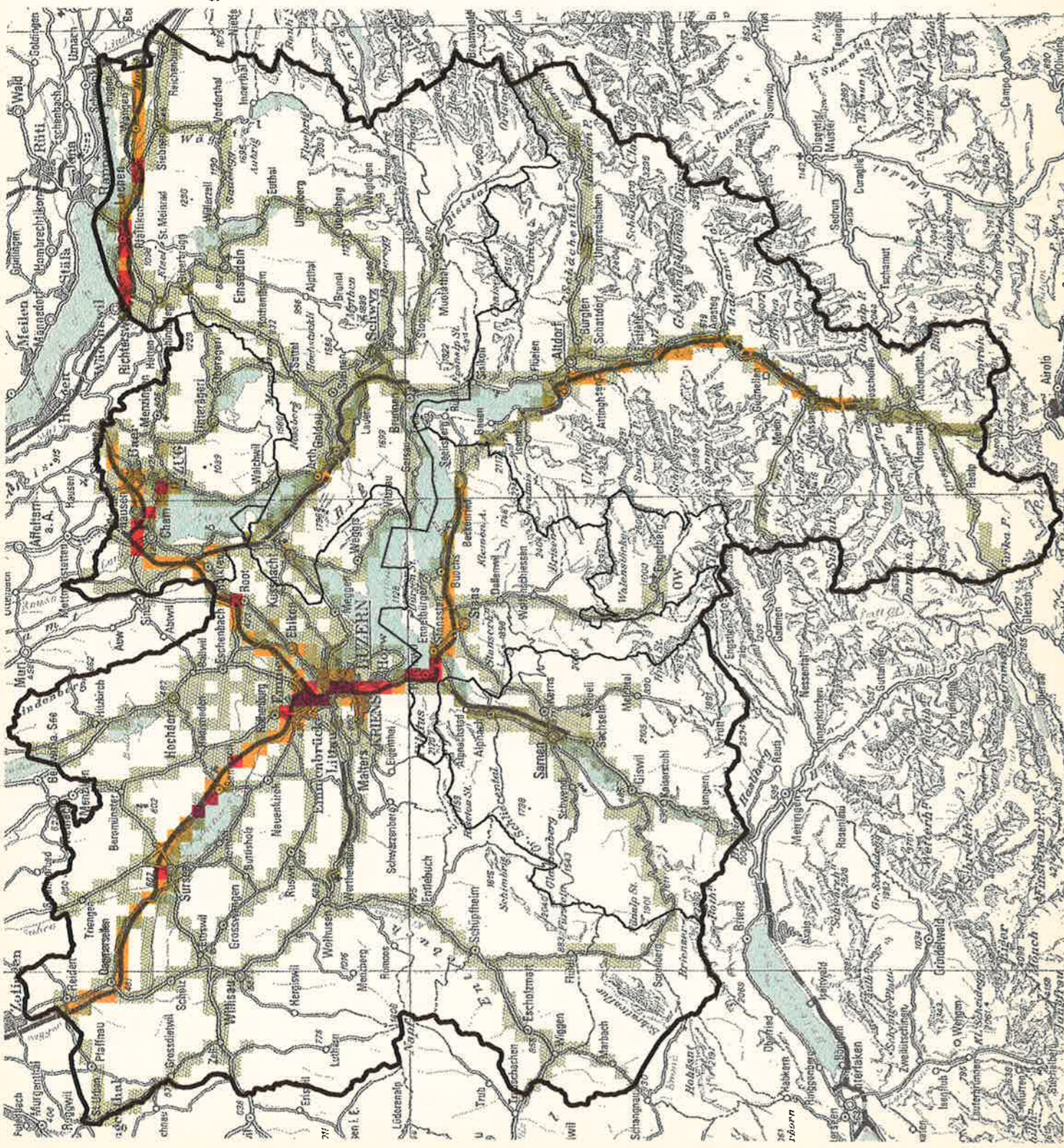
Tab. 3: Strassenverkehrsemissionen der Innerschweizer Kantone 1990 und 1995 in Tonnen pro Jahr.

	Flüchtige organische Verbindungen			Stickoxide		
	VOC			NOx		
	1990	1995	Veränderung	1990	1995	Veränderung
Luzern	3623	1972	-46 %	4154	3278	-21 %
Nidwalden	879	356	-59 %	717	542	-24 %
Obwalden	778	290	-63 %	403	304	-25 %
Schwyz	2937	1104	-62 %	1910	1402	-27 %
Uri	1142	498	-56 %	1234	1012	-18 %
Zug	987	564	-43 %	1129	935	-17 %
<b>Innerschweiz</b>	<b>10346</b>	<b>4785</b>	<b>-54 %</b>	<b>9546</b>	<b>7474</b>	<b>-22 %</b>

#### Emissionskarten für die Stickoxide aus dem Strassenverkehr für die Jahre 1990 und 1995

Auf den nachfolgenden Emissionskarten für die Stickoxide aus dem Strassenverkehr ist das räumliche Ausmass der Emissionen für jeden Quadratkilometer in der Innerschweiz ersichtlich. Die grossen Emissionsquellen verlaufen linienförmig und sind ein Abbild des Autobahn- und Hauptstrassennetzes. Die höchsten Emissionsmengen entfallen auf die Nationalstrassen A2, A4a und A3. Daneben stammen grössere Mengen an Stickoxiden aus den dichtbesiedelten Gebieten (hauptsächlich Luzern und Zug). Dort trägt auch der lokale Verkehr massgeblich zu den Emissionen bei.

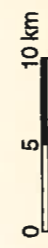
Ein Vergleich der beiden Karten zeigt einen Rückgang der Emissionen von 1990 - 1995. Gut ersichtlich ist die Abnahme im Bereich der Nationalstrassen.



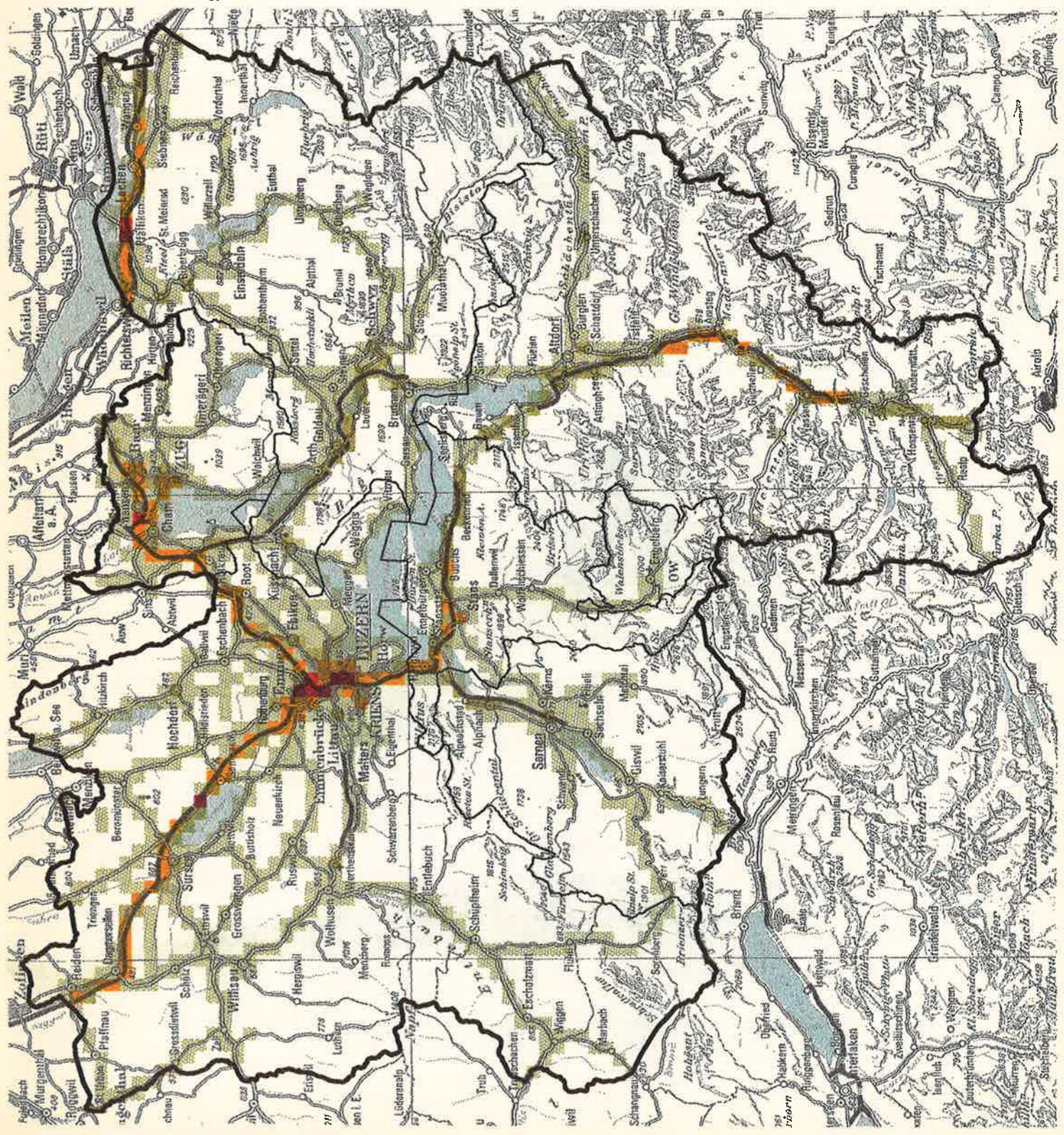
Die Luft.

**Stickoxid-Emissionen aus dem Strassen-  
verkehr in der Innerschweiz 1990**  
(Raster: 1 km<sup>2</sup>)

- < 0.5 Tonnen pro Jahr
- 0.5 – 10 Tonnen pro Jahr
- 10 – 20 Tonnen pro Jahr
- 20 – 40 Tonnen pro Jahr
- 40 – 60 Tonnen pro Jahr
- > 60 Tonnen pro Jahr



Digitale Kartengrundlage: PK500, reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 28.2.1997



Die Luft.

**Stickoxid-Emissionen aus dem Strassen-  
verkehr in der Innerschweiz 1995**  
(Raster: 1 km<sup>2</sup>)

- < 0.5 Tonnen pro Jahr
- 0.5 – 10 Tonnen pro Jahr
- 10 – 20 Tonnen pro Jahr
- 20 – 40 Tonnen pro Jahr
- 40 – 60 Tonnen pro Jahr
- > 60 Tonnen pro Jahr



Digitale Kartengrundlage: PK500, reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 28.2.1997

### 3.3. Bedeutung des Transitverkehrs

Die Innerschweiz ist Durchgangsgebiet eines alpenquerenden Verkehrskorridors von gesamteuropäischer Bedeutung. Der alpenquerende Güterverkehr wächst, mit einzelnen Einbrüchen im Schienenverkehr, seit Jahrzehnten stark an. Die neusten Perspektiven zeigen auf, dass sich dieser Trend auch in den nächsten 20 Jahren fortsetzen wird. Gut drei Viertel der Tonnagen des gesamten alpenquerenden Güterverkehrs in der Schweiz wurden 1995 auf der Schiene transportiert<sup>10</sup>. Während im vergangenen Jahr die Tonnagen auf der Bahn um 13 % zurückgingen, stiegen jene des Strassenverkehrs um 7 % an.

Am Gotthard zeigte der strassengebundene Güterverkehr in den letzten fünf Jahren ein massives Wachstum: wurden 1990 noch 550'000 Lastwagen gezählt, waren es 1995 870'000, im letzten Jahr 935'000. Im laufenden Jahr dürfte die 1'000'000 Marke erreicht werden. Aus Gründen der Datenverfügbarkeit soll im Folgenden die Entwicklung zwischen 1990 und 1995 betrachtet werden. Die Zunahme im Schwerverkehr betrug in diesem Zeitraum 59 %. Beim Personenwagenverkehr blieb die Zunahme mit 6 % von 5.1 auf 5.4 Millionen Fahrzeuge pro Jahr in der gleichen Zeitspanne relativ bescheiden (Abb. 3.2).

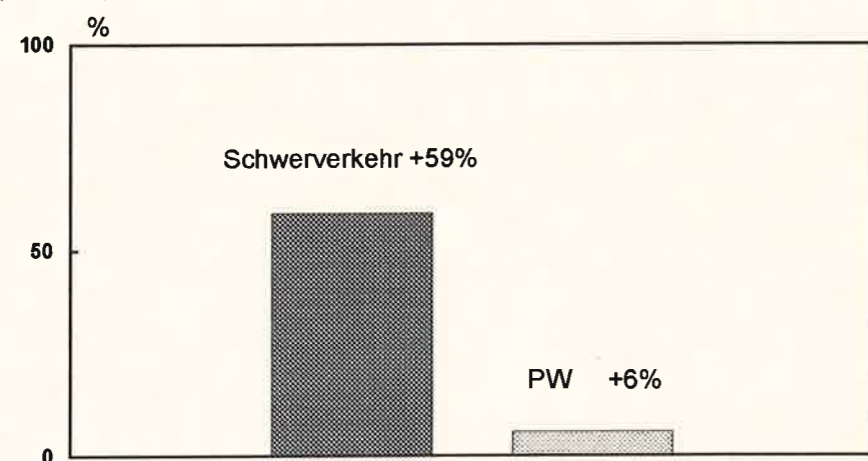


Abb. 3.2: Prozentuale Verkehrszunahme am Gotthard von 1990 bis 1995

Diese Entwicklung wirkt sich auf die Emissionen von Luftschadstoffen aus. Für das am direktesten vom Transitverkehr betroffene Urner Reusstal wurde für ein Teilstück der Autobahn A2 die Emissionsentwicklung von 1990 bis 1995 berechnet (Abb. 3.3 und Abb. 3.4):

- Die Verkehrsemissionen im Jahre 1995 lagen im Vergleich zu 1990 tiefer. Sie verringerten sich für die beiden Schadstoffe Stickoxide und VOC um 22 % bzw. 43 %.
- Bei den *Personenwagen* erfolgte in den fünf Jahren ein sehr deutlicher *Emissionsrückgang*: bei den Stickoxiden um 41 %, bei den VOC um 54 %.

<sup>10</sup> Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement: Wege durch die Alpen. Alpenquerender Güterverkehr auf Strasse und Schiene. GVF Bericht 1/96. Bern 1996.

- Beim *Schwerverkehr* erfolgte in den fünf Jahren eine *Emissionszunahme* bei den Stickoxiden um 25 %, bei den VOC um 27 %.
- Ohne Wachstum des Schwerverkehrs wäre in dieser Verkehrskategorie aufgrund technischer Verbesserungen der Fahrzeuge ein Emissionsrückgang von 21 % bei den Stickoxiden und von 20 % bei den VOC möglich gewesen.
- Falls der Transitverkehr (Grenze/Grenze) grossmehrheitlich auf die Schiene verlagert worden wäre, so wären 1995 im Vergleich zu 1990 relative Emissionsminderungen beim Schwerverkehr bei den Stickoxiden und den VOC um je 45 % möglich gewesen.

Die in der Tendenz tieferen Emissionen widerspiegeln sich in den Resultaten der Immissionsmessungen, erhoben in den vergangenen Jahren längs der Nationalstrasse A2. So sanken z.B. zwischen 1990 und 1995 an der Strecke Flüelen - Erstfeld die Stickstoffdioxid-Immissionskonzentrationen von 43 auf 36 Mikrogramm pro Kubikmeter, entsprechend 16 %. Einen ähnlichen Trend zeigt auch Flüelen: Reduktion von 38 auf 32 Mikrogramm pro Kubikmeter.

Die im Vergleich zu den Emissionen geringere Abnahme begründet sich in einem Immissionsbeitrag (ca. 12 Mikrogramm pro Kubikmeter), der nicht von der Autobahn herrührt. Er wird etwa hälftig durch verschiedene Quellen in der Umgebung sowie einer europaweiten Grundbelastung verursacht.

Mit technischen Massnahmen konnten die Emissionen der einzelnen Lastwagen in den vergangenen Jahren deutlich gesenkt werden. Durch die stete Verkehrszunahme nehmen die Emissionen des Schwerverkehrs jedoch nach wie vor zu. Ohne eine Reduktion des strassengebundenen Güterverkehrs, insbesondere des Transitanteils, sind Emissionsminderungen in diesem Verkehrsbereich aber nicht zu realisieren.

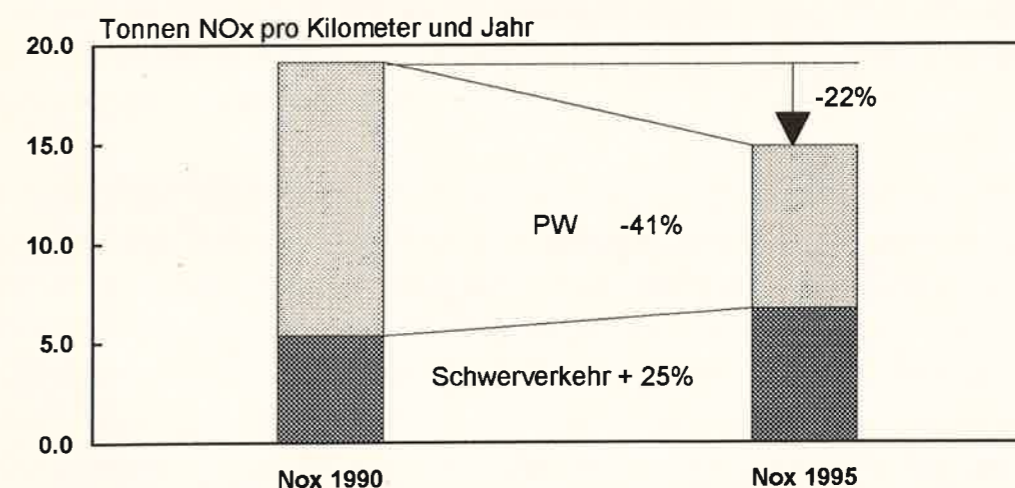


Abb. 3.3: Stickoxid-Emissionen (NO<sub>x</sub>) pro Kilometer und Jahr auf der Autobahn A2 im Kanton Uri zwischen Flüelen und Erstfeld der Jahre 1990 und 1995.

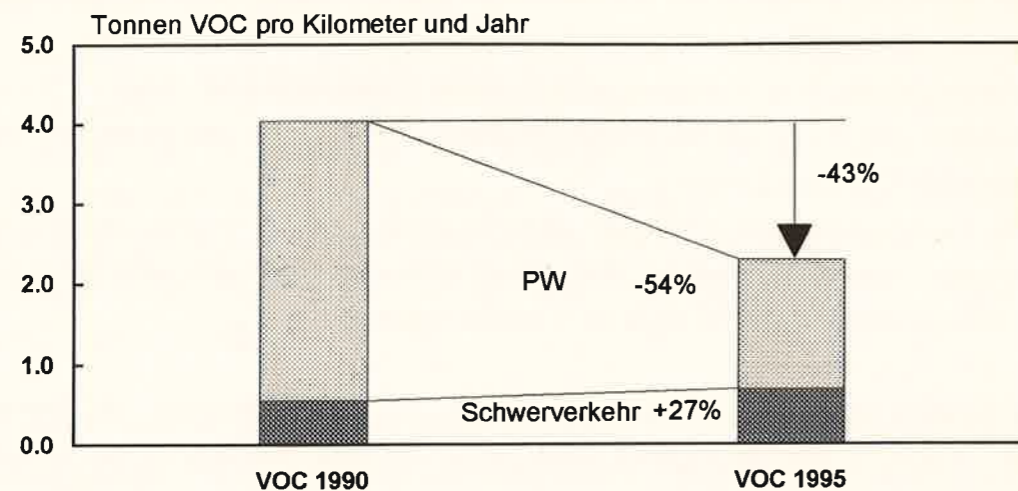


Abb. 3.4: VOC-Emissionen pro Kilometer und Jahr auf der Autobahn A2 im Kanton Uri zwischen Flüelen und Erstfeld der Jahre 1990 und 1995.

### 3.4. Auswirkungen der verkehrsbedingten Emissionen auf Mensch und Umwelt

Die stetige Verkehrszunahme vermindert den Erfolg der technischen Massnahmen zur Emissionsreduktion. Das Ansteigen des Lastwagenanteils am Verkehr erhöht zudem die Bedeutung von weiteren, bisher wenig beachteten Schadstoffen. So stammen die zu den Feinstäuben gehörenden Dieselpartikel zur Hauptsache vom motorisierten Schwerverkehr. Sie stehen im Verdacht, krebserregend zu sein (vgl. Kasten auf der folgenden Seite).

Gemäss einer im Auftrag des EVED in Auftrag gegebenen Studie<sup>11</sup> sterben in der Schweiz jedes Jahr 2100 Menschen an den Folgen der Luftverschmutzung durch den motorisierten Verkehr. Mit der zunehmenden Luftbelastung steigt auch das Krebsrisiko. Die nicht gedeckten Gesundheitskosten der Luftverschmutzung beziffern sich gemäss dieser Studie auf mindestens 1.6 Milliarden Franken, für die zu 80 Prozent der Strassenverkehr verantwortlich ist.

Neben dem Menschen ist auch seine Umwelt den emittierten Luftschadstoffen ausgesetzt. Wie die Ozonmessungen des vergangenen Jahres gezeigt haben, überschreiten die Ozonwerte praktisch in der ganzen Innerschweiz den kritischen Wert für Wälder und landwirtschaftliche Produkte. Für die an nährstoffarme Verhältnisse angepassten Lebensräume, wie Wälder oder Hochmoore, sind ebenfalls die Einträge an Stickstoff und Säure zu hoch.

Die Risikofaktoren der Luftverschmutzung sind besonders für die Gebirgswälder von hoher Bedeutung<sup>12</sup>. Sie weisen vielfach eine Schutzfunktion gegen Steinschlag, Schneerutsche oder Lawinen auf. Hier werden die kritischen Belastungswerte um bis zu 400 % überschritten. Berechnungen zeigen, dass die Bodenstabilität durch die Säureeinträge gefährdet wird. Da sowohl Ozon als auch Säure und Stickstoff die Wurzelaktivität beeinträchtigen, muss befürchtet werden, dass potentiell die Gefahr einer erhöhten Windwurfanfälligkeit und einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Parasiten wie Borkenkäfern besteht.

In den Berggebieten trifft die Luftverschmutzung Wälder, die unter erschwerten natürlichen Bedingungen wachsen und für die forstliche Pflege nicht leicht zugänglich sind. Sie haben aber gleichzeitig wichtige Schutzfunktionen zu erfüllen. Verglichen mit der Lebensdauer eines Waldbaumes, vor allem im Gebirgswald, sind die festgestellten Überschreitungen der „Critical Levels“ und „Loads“ ein relativ junges Phänomen. Damit ist eine Anpassung des Waldes an diese Faktoren, sofern überhaupt eine Anpassung möglich ist, nicht im gleichen Ausmass möglich wie bei den Klimafaktoren. Eine Wiederherstellung einmal zerstörter Bestände könnte sehr schwierig sein, mit schwerwiegenden Folgen für den Lebensraum und auch die Verkehrswege.

<sup>11</sup> Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten, Synthesebericht; GS EVED/Dienst für Gesamtverkehrsfragen, Bern 1996.

<sup>12</sup> BUWAL: Belastungen des Gebirgswaldes - Ansätze einer Risikobeurteilung. Umwelt-Materialien Nr. 59, Bern 1996.

**Krebserregende Stoffe**

Ein Grossteil der bei Verbrennungsmotoren eingesetzten Energie (rund drei Viertel) geht in Form von Wärme, Lärm und Abgasen verloren und führt damit zu erheblichen Umweltbelastungen. Neben den Stickoxiden (NOx) sind weitere Abgasbestandteile lufthygienisch von grosser Bedeutung. Durch Verbrennungsmotoren werden beispielsweise Feinstäube erzeugt, die sich in der Lunge absetzen und dadurch verschiedene Erkrankungen (Asthma, Bronchitis etc.) verursachen können. Manche dieser Partikel wirken krebserregend, insbesondere die Russpartikel der Dieselabgase. Verschiedene Studien haben nachgewiesen, dass Personen, die in verstärktem Mass Dieselabgasen ausgesetzt sind, ein erhöhtes Risiko haben, an Krebs zu erkranken. Dies trifft beispielsweise für Lastenwagenfahrer oder Baumaschinenführer zu. Eine Studie, die das Institut für Umweltmedizin Luzern in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA) erarbeitet hat<sup>13</sup>, zeigt, dass ein erschreckend hoher Anteil der Zöllner, die an Strassenzollämtern Dienst tun - somit intensiver Abgasbelastung ausgesetzt sind - deutlich veränderte Nasenschleimhautzellen aufweisen (vgl. Fotos auf der folgenden Seite). Dies deutet auf ein erhöhtes Krebsrisiko für die Strassenzöllner hin.

Zu den krebserregenden Stoffen in den Abgasen von Motorfahrzeugen gehört auch Benzol. Dieses ist ein Bestandteil von Benzintreibstoff, sehr leicht flüchtig und kann zu Blutkrebs führen. Nachdem heute ein Grossteil der Tankstellen mit Gasrückführungen ausgestattet sind, gelangt Benzol hauptsächlich über die Abgase in die Umwelt. Dabei sind Autoinsassen einem besonderen Gesundheitsrisiko ausgesetzt, da die Benzolkonzentration vor allem im Fahrzeuginnern erhöht ist.

**Legende zur Fotoseite:**

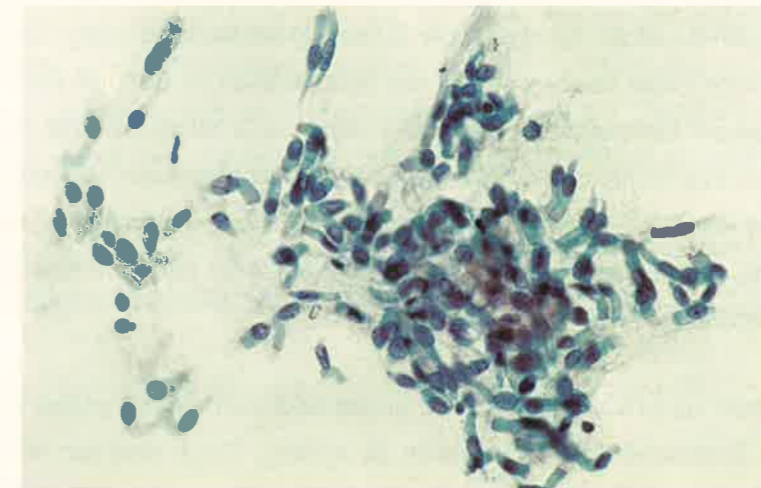
*Foto oben: Nasenschleimhaut-Epithelien in der Abstrichzytologie: Normaler Befund zylindrischer, polar differenzierter Epithelien mit Ziliensaum.*

*Foto Mitte: Nasenschleimhautepithelien mit ausgeprägter Vermehrung von Becherzellen (Metaplasie) bei gesundem Nichtraucher nach 3-wöchiger Sommersmog-Exposition*

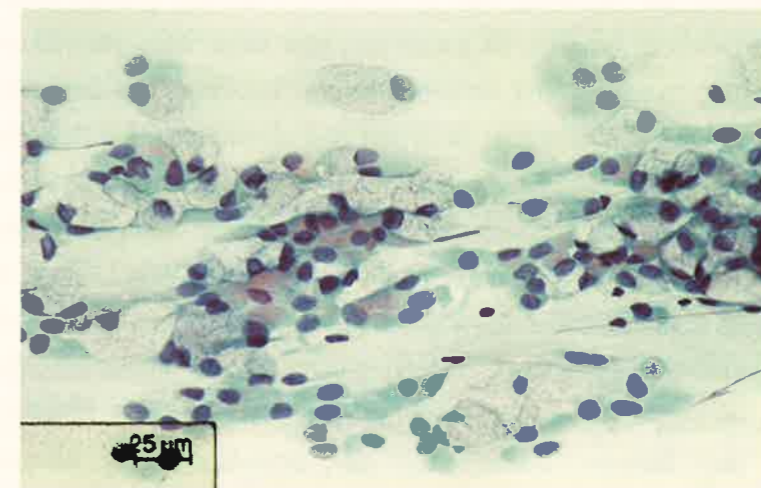
*Foto unten: Deutlich veränderte Nasenschleimhautepithelien mit Meta- und Dysplasie bei einem Strassenzöllner in Chiasso, der gegenüber Dieselmotorabgas exponiert ist.*

Fotos: Institut für Umweltmedizin Luzern: Dr. U. Glück und Prof. Dr. J.-O. Gebbers

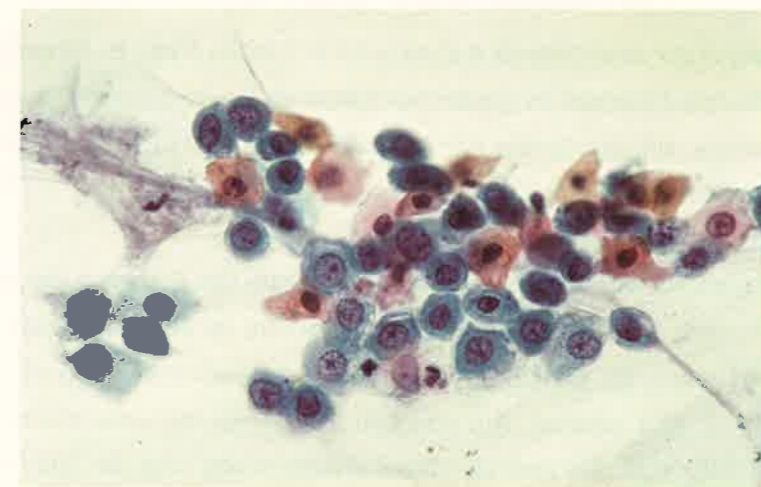
<sup>13</sup> Glück U. & Gebbers J.-O., 1996, Cytopathology of the nasal mucosa in smokers: A possible biomarker of air pollution. American Journal of Rhinology, Vol. 10: 1, 55-57.



1



2



3



## 4. Ausblick

*In den vergangenen Jahren ist ein Rückgang der Belastung bei verschiedenen Schadstoffen verzeichnet worden. Dies ist eine Folge der Umsetzung von Massnahmen im Rahmen der Luftreinhalteverordnung. Die Messungen der Luftqualität im Jahr 1996 zeigen aber auch, dass die gesetzten Ziele noch nicht erreicht wurden. Die bisherige Reduktion der Vorläufersubstanzen von Ozon (Stickoxide und VOC) hat noch keine spürbare Verminderung der Ozonbelastung gebracht. In den dichtbesiedelten Gebieten und entlang von vielbefahrenen Strassen liegt auch die Stickstoffdioxidbelastung über den gesetzlichen Grenzwerten.*

Um die gesetzten Ziele zu erreichen, sind auch in den nächsten Jahren grosse Anstrengungen notwendig. Es gilt, die Emissionen an den Quellen zu senken. Diese sind vor allem im Bereich der Haushalte, in Industrie und Gewerbe sowie beim Verkehr zu finden. Im vorliegenden Bericht wurde schwerpunktmässig auf die Emissionen des Strassenverkehrs eingegangen. Es zeigte sich, dass technische Massnahmen zur Senkung der Schadstoffemissionen greifen und eine bedeutende Emissionsminderung bewirken konnten. Es zeigte sich aber auch, dass gesamteuropäische Entwicklungen im Güterverkehr diesem Trend entgegenstehen: *Während die Schadstoffemissionen des Personenwagenverkehrs insgesamt sinken, ist in den vom alpenquerenden Güterverkehr meistbetroffenen Regionen ein Anstieg der Emissionen von schweren Nutzfahrzeugen zu verzeichnen.* Die Bahn verliert gleichzeitig an Marktanteil zugunsten der Strasse. Um die Schadstoffbelastung in den vom Transitgüterverkehr betroffenen Regionen zu mindern, braucht es eine Umlagerung von Strassenverkehrsleistung auf die Schiene. Dazu sind Massnahmen auf verschiedenen Ebenen nötig: Einbezug der Umwelt- und Gesundheitskosten des Schwerverkehrs (z.B. leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe), Schaffung der notwendigen Kapazitäten im Schienengüterverkehr (NEAT) und Produktivitätssteigerung bei den Bahnen. Damit kann der Umsetzung des Alpenschutzartikels der Bundesverfassung Rechnung getragen werden. Diese Ziele erfordern ein koordiniertes Vorgehen aller Beteiligten im In- und Ausland.

*Um die Ozonbelastung in der Innerschweiz auf ein unbedenkliches Mass zu bringen, müssen auch die Emissionen der Vorläufersubstanzen im gesamteuropäischen Raum drastisch gesenkt werden. Allein mit Massnahmen, welche auf das Gebiet der Schweiz beschränkt sind, wird man den Einstundengrenzwert für Ozon nicht einhalten können.*

Neben den Massnahmen auf dem politischen Parkett ist auch *der Einbezug der Bevölkerung in das Bestreben für eine bessere Luft* wichtig. Zu diesem Zweck wird im Jahr 1997 auch „Die Luft.“ wieder aktiv in Erscheinung treten. Im Mittelpunkt steht die Sonderausstellung „Luft“ im Verkehrshaus Luzern. Sie wird am 26. Mai eröffnet. Am gleichen Tag findet im Verkehrshaus die europäische Verkehrsministerkonferenz statt. Ein zentraler Teil der Ausstellung zeigt die Empfindlichkeit der Luft gegenüber verschiedenen Belastungen. In der permanenten Ausstellung des Verkehrshauses werden anhand bestehender Objekte aus den Bereichen Strasse, Schiene, Luft und Wasser die

Zusammenhänge zwischen Luft und Mobilität sichtbar gemacht. Ziel ist es, möglichst viele Menschen (und hier besonders Schülerinnen und Schüler aus der Innerschweiz) zu einer spielerischen Begegnung mit der Luft zu verhelfen und sie für einen sorgsamen Umgang mit der Luft zu motivieren. Eine Reihe von Rahmenveranstaltungen wird die Verbindung zu den „Luft“-Kantonen Uri, Schwyz, Nidwalden, Obwalden, Zug und Luzern knüpfen. Mit einem „Tag der Luft“ wird die Ausstellung am 15. August geschlossen und symbolisch aus dem Verkehrshaus getragen.

Auch 1997 werden im Rahmen der 1994 gestarteten Kampagne „Die Luft.“ der Innerschweizer Umweltschutzdirektoren verschiedene Aktionen weitergeführt:

- gemeinsame Berichterstattung über den Zustand der Innerschweizer Luft
- Tagungen
- Goodwill-Aktionen
- Angebote für die Schulen
- Aktion „Partnerschaft mit der Wirtschaft“: Firmen, die mehr für gute Luft tun als gesetzlich vorgeschrieben, können Partner der Kampagne werden und mit dem Erscheinungsbild der Luft werben. Sie haben die Chance zum Oekomarketing und „Die Luft.“ kommt zu zusätzlichen Werbeaufträgen, die von den Partnern bezahlt werden.

Hinter der Kampagne „Die Luft.“ steht die Erkenntnis, dass die Luftverschmutzung vor Kantons- und Landesgrenzen nicht Halt macht und gemeinsame Aktionen mehr Gewicht, mehr Beachtung, mehr Profite für alle Beteiligten bringen. Ziel der Kampagne ist es letztlich, Bevölkerung, Wirtschaft und Politik in der Innerschweiz für einen sorgsamen Umgang mit unserer Luft zu motivieren, sodass wir von einer belastenden zu einer nachhaltigen „Luftnutzung“ gelangen.

## 5. Literaturverzeichnis

- Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Strassenbau (1996): Schweizerische Strassenverkehrszählung 1995. Bern.
- BUWAL (1986/88): Schadstoffemissionen des privaten Strassenverkehrs 1950-2000 (inkl. Nachtrag vom September 1988). Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 55, Bern.
- BUWAL (1994): Critical Loads of Acidity for Forest Soils an Alpine Lakes. Steady State Mass Balance Method. Environmental Series Nr. 234.
- BUWAL (1994): VOC- und PAH-Immissionsmessungen in der Schweiz (1991 / 1992). Umwelt-Materialien Nr. 10, Luft. Bern.
- BUWAL (1995): Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1950-2010. Schriftenreihe Umwelt Nr. 255, Luft.
- BUWAL (1996): Immissionsmesswerte 1995. Umwelt-Materialien Nr. 55, Luft.
- BUWAL (1996): Luftbelastung. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL) (monatliche Zusammenstellung der Immissionsdaten)
- BUWAL (1996): Belastungen des Gebirgswaldes - Ansätze einer Risikobeurteilung, Fallstudie im Urner Reusstal. Umwelt-Materialien Nr. 59, Bern.
- BUWAL (1996): Schwebestaub. Messung und gesundheitliche Bewertung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 270, Luft. Bern.
- BUWAL (1996): Troposphärisches Ozon. Schriftenreihe Umwelt, Nr. 277, Luft, Bern.
- Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie (1994): Critical levels for ozone - a UN-ECE workshop report. Ed. J. Fuhrer und B. Achermann. Schriftenreihe der FAC Liebefeld Nr. 16.
- EVED (1996): Wege durch die Alpen. Alpenquerender Güterverkehr auf Strasse und Schiene. GVF Bericht 1/96. Bern 1996.
- EVED (1997): Pressemitteilung. Alpenquerender Güterverkehr 1996. 25.2.97.
- GS EVED/Dienst für Gesamtverkehrsfragen (1996): Monetarisierung der verkehrsbedingten externen Gesundheitskosten, Synthesebericht, Bern.

## Wollen Sie mehr über „Die Luft.“ erfahren?

Dann setzen Sie sich direkt mit der Luft in Verbindung

**Die Luft. Postfach 1661, 6061 Sarnen**

oder wenden sich an eine der untenstehenden Adressen (hier ist auch die Broschüre mit den Detailedaten der Luftmessungen 1996 erhältlich):

### Fachstellen der Kantone

- |  |  |
|--|--|
| Kanton Luzern:   | Amt für Umweltschutz des Kantons Luzern<br>Postfach<br>6002 Luzern<br>Tel. (041) 228 64 50           |
| Kanton Nidwalden:  | Amt für Umweltschutz des Kantons Nidwalden<br>Postfach 1240<br>6371 Stans<br>Tel. (041) 618 75 04    |
| Kanton Obwalden:   | Amt für Umweltschutz des Kantons Obwalden<br>Postfach 1661<br>6061 Sarnen<br>Tel. (041) 666 63 27    |
| Kanton Schwyz:   | Amt für Umweltschutz des Kantons Schwyz<br>Schlagstrasse 82<br>6430 Schwyz<br>Tel. (041) 819 20 35   |
| Kanton Uri:  | Amt für Umweltschutz des Kantons Uri<br>Gurtenmundstrasse 33<br>6460 Altdorf<br>Tel. (041) 875 24 30 |
| Kanton Zug:  | Amt für Umweltschutz des Kantons Zug<br>Postfach 897<br>6301 Zug<br>Tel. (041) 728 33 44             |
| <b>Bund:</b>   |  |
| Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft<br>Abteilung Luftreinhaltung | Laupenstrasse 20,<br>3003 Bern<br>Tel. (031) 322 93 12   |